

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)

# МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА-СЕМИНАР

по проблемам управления в технических системах  
имени А.А. Вавилова

28 мая 2024

## СБОРНИК ДОКЛАДОВ



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

---

Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

---

**Молодежная школа-семинар  
по проблемам управления в технических  
системах имени А. А. Вавилова**

**28 мая 2024**

Санкт-Петербург  
2024

УДК 681.5(08)

Библиографическое  
описание

Молодежная школа-семинар по проблемам управления в технических системах имени А.А. Вавилова. Ежегод. журн. / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина). Электрон. журн. – Санкт-Петербург: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2024. 81 с. – Режим доступа к журн.: – <https://vavilovschool.etu.ru/assets/files/2024/sbornik.pdf> – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-7629-3370-4

ISBN 978-5-7629-3370-4

© СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2024

# Подход к классификации факторов небаланса газа в газотранспортной сети на основе матрицы критичности

А. К. Петрова

Кафедра инновационного менеджмента

Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

ak72p@yandex.ru

С. Е. Абрамкин

Кафедра автоматики и процессов управления

Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

seabramkin@etu.ru

**Аннотация.** Эффективность управления балансом газотранспортной системы в газотранспортной сети зависит от таких факторов, как природные свойства среды или газа, трубопровод, среды окружающей среды, измерения, организационные факторы. Отслеживание этих факторов и оптимальное реагирование на них является актуальной задачей. В качестве основы для синтеза алгоритма управления мероприятиями по предупреждению и ликвидации последствий дисбаланса в газотранспортной сети может быть принята во внимание матрица риск/ущерб, используемая в сфере информационной безопасности. Этот алгоритм можно автоматизировать с помощью современных интеллектуальных инструментов, таких как искусственные нейросети. Этот вопрос рассмотрен в данной статье.

**Ключевые слова** — матрица критичности, баланс газотранспортной системы, факторы, вызывающие дисбаланс, выявление аномалий в данных с помощью нейронных сетей

## I. ВВЕДЕНИЕ

Газотранспортная система (ГТС) Российской Федерации, доставляющая природный газ от месторождений к потребителям, подвержена влиянию различных факторов, что может привести к существенным отклонениям технологических процессов ГТС от нормативных значений и режимов. В качестве таких факторов можно привести изменение глобальных климатических условий, вследствие чего происходят перепады средних температур воздуха и почвы, в которых проходят трубы; влагосодержания среды, давления газа и т. п. Это может влиять на коммерческие и технологические расчеты объемов газа. Устаревшее оборудование и влияние человеческого фактора могут стать причиной возникновения аварий на газопроводах. Кроме того, протяженность трубопроводов, наличие большого количества населенных пунктов и сложная разветвленность теплотрасс в них могут оказывать влияние на течение физических процессов в магистральных газопроводах. [1–3]

Для эффективного управления бизнес-процессами добычи, транспортировки, хранения и распределения углеводородов решения, правление ПАО «Газпром» 17 декабря 2021 года «одобрило Стратегию цифровой

трансформации Группы «Газпром» на период 2022–2026 гг. Стратегия направлена на дальнейшее повышение гибкости управления бизнесом, создание новых направлений для его развития, а также рост эффективности и безопасности производства» [4].

Наличие негативно влияющих факторов, с одной стороны, и необходимость внедрения цифровых технологий в рамках цифровой трансформации, с другой стороны, обуславливают актуальность разработки новых и совершенствования, используя цифровые технологии, существующих методов, моделей и алгоритмов управления производственными ресурсами ГТС.

## II. МОДЕЛЬ УГРОЗ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В сфере информационной безопасности применяется FMEA (Failure modes and effects analysis) – анализ причин и последствий отказов. Это метод анализа, применяемый в менеджменте качества для определения потенциальных дефектов (несоответствий) и причин их возникновения в изделии, процессе или услуге. Также используются базовая модель угроз безопасности персональных данных при обработке в информационных системах персональных данных (ФСТЭК, утв. 15.02.2008) и стандарт, описывающий анализ видов и последствий отказов [5–9]. На основе этих документов можно построить табл. 1, матрицу риск/ущерб и табл. 2, матрицу критичности. В этих таблицах классифицируются виды угроз в зависимости от вероятности возникновения и значимости последствий.

ТАБЛИЦА I. МАТРИЦА РИСК/УЩЕРБ

		Значимость последствий	
		Низкая	Высокая
Вероятность	Высокая	2	1
	Низкая	4	3

ТАБЛИЦА II. МАТРИЦА КРИТИЧНОСТИ

		Значимость последствий				
		1	2	3	4	5
Вероятность	5					
	4					
	3					
	2					
	1					

Таким образом, требования к защите определяются, в зависимости от категории угрозы и возможного ущерба, в соответствии с моделью угроз. Требования по нейтрализации одной и той же угрозы в зависимости от ущерба (влияния на технологический процесс), различаются.

Согласно Постановлению Правительства РФ №1119 с точки зрения информационной безопасности персональных данных различают угрозы трех типов:

Угрозы 1 типа – связанные с наличием недокументированных возможностей в системном программном обеспечении, используемом в информационной системе.

Угрозы 2 типа – связанные с наличием недокументированных возможностей в прикладном

программном обеспечении, используемом в информационной системе.

Угрозы 3 типа – не связанные с наличием недокументированных возможностей в системном и прикладном программном обеспечении, используемом в информационной системе.

### III. ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ УГРОЗ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИЧИН НЕБАЛАНСА В ГАЗТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

В газотранспортных системах (ГТС) по результатам анализа литературных источников и опроса экспертов, были выявлены следующие причины небаланса, перечисленные в табл. 3, которые можно рассматривать как виды угроз для эффективности управления производственными ресурсами ГТС.

ТАБЛИЦА 3. ФАКТОРЫ – ПРИЧИНЫ НЕБАЛАНСА

Трубопровод	Свойства газа	Технологические факторы	Процесс измерения	Процесс учета
1.Повышение коэффициента шероховатости внутри стенок 2.Негерметичность фланцевых соединений 3.Свищ 4.Авария, разрыв 22.Размер населенных пунктов и теплотрасс 25.Отбор газа без его учета (врезка).	5.Изменение точки росы 6.Механические примеси	7.Скачок параметров в нестационарном режиме 8.Нарушение режимов работы оборудования (КС, редукторов), отклонение режимов от проектных 9.Технологические потери при обслуживании трубопровода и транспортировке газа 20.Погодные условия (резкие скачки потребления) 26. Потери газа через неплотности в обвязке КС 27. Потери газа в пылеуловителях	10.Погрешность или отклонения в работе средств измерений. 11.Импульсный режим (для турбинных счетчиков) 12.Диапазон измерений не по паспорту СИ (для счётчиков) 13.Местонахождение СИ, улица или помещение.	14.Отсутствие учета при продувках 15.Упрощенная линеаризация аналитических выражений расчётных величин 16.Ошибки в расчетах запаса газа 17.Квалификация персонала, ведущего учет 18.Разные отчётные периоды, у поставщика и потребителя 19.Принятие условно постоянных величин для разных групп потребителей 21.Региональные температурные нормы 23.Наличие линий связей, влияющих на обмен данными 24.Несоответствие нормативов потребления реальному потреблению

Угрозы могут быть распределены по матрице критичности, составленной аналогично табл. 1 и 2, применяемым в сфере информационной безопасности. Результаты, в соответствии с номерами факторов из табл. 3, сведены в табл. 4. Вероятность возникновения причины небаланса складывается из вероятностей неисправности оборудования, внешних аномалий, ошибок в организации процессов и т. п. Вероятность более 95% означает, что причина возникновения небаланса почти неизбежна, вероятность 0–1 % означает, напротив, что, скорее всего, она не возникнет. Значение по этому критерию определяется на основе анализа мнений экспертов и исторических данных газотранспортных предприятий по расходу газа и причинам отклонений в них, предоставленных некоторыми из них. Следующие числовые оценки по шкале от 1 до 6 соответствуют вероятности возникновения причины небаланса:

1. причина крайне маловероятна;
2. причина маловероятна;
3. вероятность возникновения причины минимальна;

4. причина небаланса иногда может возникнуть;
5. причина небаланса возникает с высокой вероятностью;
6. причина небаланса неизбежна в течение наблюдаемого периода времени.

Значимость последствий описывает результаты воздействий, возникающие вследствие тех или иных факторов-причин небаланса. Набор числовых оценок значимости последствий по шкале от 1 до 6 сформирует следующие категории:

1. ухудшенный функционал одного из элементов бизнес-процесса ГТС;
2. ухудшенный функционал одного из элементов функции ГТС;
3. ухудшенный функционал всей функции или всего бизнес-процесса ГТС;
4. прерывистый функционал всей ГТС;
5. частичный или ухудшенный функционал ГТС;
6. полный сбой, останов транспорта газа в ГТС.

ТАБЛИЦА IV. МАТРИЦА РИСК/УЩЕРБ

Значимость последствий	Уровень вероятности возникновения причины небаланса					
	1	2	3	4	5	6
6		4				
5				3		
4		6	8	25		26,27
3			13, 24	15, 17	10,16	
2		23	5, 12, 21, 18, 19, 22	1, 2, 9, 14, 20		
1			7, 11			

Можно распределить факторы причины небаланса, в соответствии с матрицей критичности, на три группы (табл. 5).

Факторы-причины небаланса 1 типа (ФПН1) – связанные с наличием значительных изменений в фактических объемах газа (свищ, резкие скачки параметров при изменении погодных условий, размер населенных пунктов и теплотрасс, несоответствие нормативов потребления реальному потреблению, изменение точки росы, отбор газа без его учета (врезка), авария, разрыв).

Факторы-причины небаланса 2 типа (ФПН2) – связанные с наличием незначительных изменений в физических объемах газа (повышение коэффициента шероховатости внутри стенок, негерметичность фланцевых соединений, механические примеси, скачок параметров в нестационарном режиме)

Факторы-причины небаланса 3 типа (ФПН3) – не связанные с наличием изменений в фактических объемах газа, то есть остальные причины, связанные с погрешностью или отклонениями в работе средств измерения, отсутствие учета при продувках, упрощенная линеаризация аналитических выражений расчётных

величин, ошибки оператора, ошибки в расчетах запаса газа и др.).

ТАБЛИЦА V. МАТРИЦА КРИТИЧНОСТИ

Значимость последствий	Уровень вероятности возникновения причины небаланса					
	1	2	3	4	5	6
6	ФПН <sub>вз2</sub>			ФПН <sub>вз1</sub>		
5						
4						
3	ФПН <sub>вз4</sub>			ФПН <sub>вз3</sub>		
2						
1						

В зависимости от вида угрозы необходимо осуществлять те или иные мероприятия.

#### IV. ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АНОМАЛИЙ В ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ НЕБАЛАНСА

Для определения величины небаланса предлагается измерять следующие аномалии в данных технологического процесса учета расхода газа на газоизмерительных и газораспределительных станциях газотранспортных систем [10–15]:

- отклонения значений параметров технологического процесса учета расхода газа от значений, определенных нейронной сетью, обученной на статистических данных;
- длительность этих отклонений во времени;
- скорость нарастания отклонений.

Тогда уровни небаланса тоже можно представить на основе подхода, применяемого в сфере информационной безопасности, как предложено в табл. 6.

ТАБЛИЦА VI. УРОВНИ НЕБАЛАНСА

Уровень небаланса	Отклонение значений параметров технологического процесса учета расхода газа	Длительность отклонений во времени	Скорость нарастания отклонений
Высокий уровень небаланса	Высокое	Низкая / средняя / высокая	Низкая / средняя / высокая
	Низкое / среднее / высокое	Высокая	Низкая / средняя / высокая
	Низкое / среднее / высокое	Низкая / средняя / высокая	Высокая
Средний уровень небаланса	Среднее	Низкая / средняя	Низкая / средняя
	Низкое / среднее	Средняя	Низкая / средняя
	Низкое / среднее	Низкая / средняя	Средняя
Низкий уровень небаланса	Низкое	Низкая	Низкая

Согласно результатам опроса экспертов газотранспортных систем, можно привести в соответствии с изменениями параметров технологического процесса учета расхода газа, определенные факторы – причины небаланса (табл. 7):

ТАБЛИЦА VII. ФАКТОРЫ – ПРИЧИНЫ НЕБАЛАНСА

Уровень небаланса	ФПН	Мероприятия по устранению небаланса
Высокий уровень небаланса	1 типа	5-7
Средний уровень небаланса	2 типа	4
Низкий уровень небаланса	3 типа	1-3

Для выявления отклонений значений параметров технологического процесса учета расхода газа от значений, определенных нейронной сетью, для каждой из 12 газораспределительных станций Калининградского участка Северо-Западной региональной транспортной сети была обучена нейронная сеть. Обучение осуществлено на основе статистических данных по температуре, давлению и расходу газа на каждой из газораспределительной станции.

Данные по отклонениям в значениях, наряду с их длительностью и скоростью нарастания, были использованы в нейро-темпорально-нечеткой модели управления балансом. [16–18]

Помимо указанных выше данных, для принятия решений по управлению балансом газа необходимо учесть также следующую информацию:

1) категория газа: транзитный или потребляемый в регионе;

2) размер газотранспортной системы по объему транспортируемого газа в год;

3) категория газа, в зависимости от объектов газотранспортной системы:

- газ, направляемый потребителям через газораспределительные станции;

- газ, направляемый на собственные нужды (на перекачку газа);
- газ, направляемый для измерения на входе и выходе газотранспортной системы через газоизмерительные станции;
- иные категории.

В зависимости от этой информации можно получить следующее распределение уровней мероприятий (УМ) по устранению и предотвращению небаланса (табл. 8).

ТАБЛИЦА VIII. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЕЙ ЗАЩИТЫ

Категории газа в зависимости от объектов ГТС		ГРС			СН		ГИС			Иные		
		Да	Да	Нет	Да	Нет	Да	Да	Нет	Да	Да	Нет
Потребляемый в регионе		Да	Да	Нет	Да	Нет	Да	Да	Нет	Да	Да	Нет
Размер ГТС по объему		Более 100 млрд.м. <sup>3</sup>	Менее 100 млрд.м. <sup>3</sup>		Более 100 млрд.м. <sup>3</sup>	Менее 100 млрд.м. <sup>3</sup>	Более 100 млрд.м. <sup>3</sup>	Менее 100 млрд.м. <sup>3</sup>		Более 100 млрд.м. <sup>3</sup>	Менее 100 млрд.м. <sup>3</sup>	
Тип факторов-причин небаланса	ФПН1	1 УМ	1 УМ	1 УМ	1 УМ	1 УМ	2 УМ	2 УМ	2 УМ	2 УМ	2 УМ	2 УМ
	ФПН2	1 УМ	1 УМ	2 УМ	2 УМ	2 УМ	2 УМ	3 УМ	3 УМ	2 УМ	3 УМ	3 УМ
	ФПН3	1 УМ	3 УМ	3 УМ	3 УМ	3 УМ	3 УМ	4 УМ	4 УМ	4 УМ	4 УМ	4 УМ

На основе этого метода, базирующегося на применении матриц риск/ущерб и критичности, используемой в сфере информационной защиты, был синтезирован алгоритм управления балансом в газотранспортной сети, основные шаги которого выглядят следующим образом:

1. детектирование аномалий данных технологического процесса учета расхода газа;
2. определение уровня небаланса;
3. определение факторов угроз / категории объектов;
4. определение мероприятий для устранения;
5. корректировка мероприятий;
6. реализация мероприятий;
7. оценка эффективности мероприятий;
8. эксплуатация.

Поскольку для поиска аномалий в данных предложены к использованию искусственные нейронные сети [7, 8], то обнаруживать классифицировать факторы – причины небаланса и своевременно устранять их удастся в более ранний срок, по сравнению с существующими, диагностическими, алгоритмами, обнаруживающими эти отклонения постфактум, когда они уже произошли и длительное время имеют место. Это положительно скажется на эффективности управления производительными ресурсами в ГТС.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрен подход к классификации небаланса, при котором в качестве основы для синтеза алгоритма управления мероприятиями по предупреждению и ликвидации последствий дисбаланса в газотранспортной сети используется матрица

риск/ущерб, используемая в сфере информационной безопасности.

Благодаря заблаговременному обнаружению и классификации аномалий, удастся принимать адекватные меры, оптимальные с точки зрения соотношения потерь газа и затрат на профилактику и устранения небаланса.

В дальнейшем возможно уточнение классификации факторов – причин небаланса, и соответствующих им значений отклонений в технологическом процессе учёта расхода газа, а также гиперпараметров нейронных сетей, применяемых для обнаружения этих аномалий в газотранспортных сетях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Игнатьев А.А. Оценка причин разбаланса объемов газа в системе «поставщик – потребитель» // Газовая промышленность. 2010. № 6. С. 20–22.
- [2] Саликов А.Р. Разбаланс в сетях газораспределения // Газ России. 2015. № 4. С. 36–41.
- [3] Хворов Г.А., Козлов С.И., Аكوпова Г.С., Евстифеев А.А. Сокращение потерь природного газа при транспортировке по магистральным газопроводам ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. 2013. № 12. С. 66–69.
- [4] Сайт ПАО «Газпром» [Электронный ресурс] Режим доступа: // <https://www.gazprom.ru/press/news/2021/december/article545124/> (дата обращения 15.02.2022)
- [5] ГОСТ Р 27.303-2021 Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов.
- [6] Федеральный закон от 27 июля 2006 г. N 152-ФЗ "О персональных данных"; приказ ФСТЭК России от 18 февраля 2013 г. N 21).
- [7] Федеральный закон от 27 июля 2006 г. N 149-ФЗ "Об информации, информационных технологиях и о защите информации"; приказ ФСТЭК России от 11 февраля 2013 г. № 17.
- [8] Федеральный закон от 26 июля 2017 г. № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

- [9] Постановление Правительства РФ от 8 февраля 2018 г. № 127 «Об утверждении Правил категорирования объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, а также перечня показателей критериев значимости объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и их значений»; приказ ФСТЭК России от 25 декабря 2017 г. № 239.
- [10] Ярушкина П.Л. Основы теории нечетких и гибридных систем : учеб. пособие. Москва: Финансы и статистика, 2009. 320 с.
- [11] Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. М.: «Издательство Машиностроение – 1», 2004.
- [12] Карпов Ю.Г. Model Checking. Верификация параллельных и распределенных программных систем. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 560 с. ISBN: 978-5-9775-0404-1
- [13] Карпов, Ю.Г., Шошмина, И.В. Верификация распределенных систем Publisher: СПбГПУ, 2011.
- [14] Петрова А.К. Детектирование аномалий в технологических процессах газотранспортной системы с использованием сетей с долгой краткосрочной памятью (LSTM) // Сборник докладов Международной конференции «Проектирование и обеспечение качества информационных процессов и систем». СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2022, с. 95-98.
- [15] Петрова А.К. Применение нейросетевых алгоритмов на газоизмерительной станции // Сборник докладов Всероссийской научной конференции по проблемам управления в технических системах. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021. Т. 1. С. 92-94.
- [16] Петрова А.К., Сеница А.М. Нейро-нечеткая модель контроля баланса газа // Сборник XXIV Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2021), СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021. С. 133-135.
- [17] Петрова А.К., Сеница А.М. Применение нейронных сетей в задачах автоматизации промышленных предприятий, сборник конференции российских молодых исследователей в области электротехники и электроники (2021 ElConRus), СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021.
- [18] Лашманова Н.В., Петрова А.К. управление балансом газа на основе нейро-темпорально-нечеткой модели // Петербургский экономический журнал. 2022. №1-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-balansom-gaza-na-osnove-neuro-temporalno-nechetkoy-modeli> (дата обращения: 14.11.2022).

# Применение модели генеративного предобученного трансформера к задаче анализа технической документации

Л. А. Куценок

*Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

lakutsenok@gmail.com

Ю. А. Кorableв

*Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

juri.korablev@gmail.com

**Аннотация.** В данной работе рассматривается применение технологий обработки естественного языка для анализа технических заданий и спецификаций в области разработки программного обеспечения. Исследование направлено на выявление потенциала NLP-моделей в автоматизации интерпретации документов, связанных с процессами разработки ПО, а также извлечения из них ключевой информации. В работе проводится обзор существующих решений, изучается теоретическая база и методология применения NLP-моделей в данной сфере. Результаты исследования демонстрируются с точки зрения их практической значимости и возможных направлений дальнейших исследований в области применения NLP для анализа технических заданий и спецификаций в разработке программного обеспечения.

**Ключевые слова:** обработка естественного языка, NLP-модель, машинное обучение, извлечение информации, планирование проектов, управление проектами, анализ технической документации, GPT

## I. ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие технологии обработки естественного языка (Natural Language Processing, сокр. NLP) претерпели значительные изменения благодаря развитию машинного обучения и искусственного интеллекта. Эти технологии нашли широкое применение во многих областях, включая разработку программного обеспечения и управления IT-проектами. Такие документы, как технические задания и спецификации, являются ключевыми источниками информации в сфере информационных технологий, определяющими требования к разрабатываемым системам, продуктам и проектам. Точный и всесторонний анализ этих документов на всех этапах ведения проектов от первичного формирования требований до разработки и внедрения конечных продуктов критически важен для успешного выполнения проектов и реализации поставленных задач.

В современных IT-компаниях, специализирующихся на разработке и поддержке программного обеспечения, функции анализа технических заданий, спецификаций и другой документации, как правило, закрепляются за системными аналитиками, руководителями проектов и другими техническими специалистами, чей ручной труд по изучению данной документации и постановке задач требует значительных трудозатрат и не исключает возможности допуска ошибок, которые могут привести к

некорректной реализации поставленных задач и увеличению сроков выполнения проектов, что, в свою очередь, приведет к финансовым потерям для компании.

Важности современных технологий NLP в сфере разработки программного обеспечения подчеркиваются в ряде исследований. Например, технологии обработки естественного языка успешно применяются для помощи при анализе и изучении программного кода [1], а также его оптимизации [2]. Эти исследования подчеркивают важность интеграции NLP в стандартные процессы разработки ПО для повышения их эффективности.

Несмотря на немалое количество исследований в данной области, остается ряд нерешенных вопросов и вызовов. Проблемы, связанные с точностью, контекстуальным пониманием и интеграцией NLP-инструментов в существующие рабочие процессы, все еще требуют дальнейшего изучения. Таким образом, данное исследование направлено на всесторонний анализ текущего состояния применения NLP в анализе спецификаций и технических заданий в сфере разработки программного обеспечения, выявление существующих проблем и определение направлений для будущих исследований.

Целью данного исследования является оценка эффективности и определение наилучших практик применения NLP в контексте анализа технических заданий и спецификаций на разработку программного обеспечения. Для реализации поставленной цели исследования требуется решить следующие задачи:

- сбор и предварительная обработка данных: необходимо провести подготовку текстовых данных из различных источников, содержащих технические задания и спецификации, а также провести предварительную обработку данных, чтобы подготовить для использования;
- выбор модели: необходимо провести анализ существующих NLP моделей для выбора наиболее подходящей к рассматриваемой задаче;
- анализ работы модели: необходимо провести оценку работу выбранной модели на сформированном наборе данных для оценки ее применимости к рассматриваемой задаче.

## II. АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В настоящее время в Российской Федерации основополагающим документом, определяющим содержание технических заданий, является ГОСТ 34.602 – 2020 [3]. Согласно данному документу, техническое задание на создание информационной системы должно содержать следующие обязательные разделы:

- общие сведения – полное наименование автоматизированной системы (сокр. АС) и ее условное обозначение, шифр АС, наименование организации-заказчика разработки АС, перечень руководящих документов и другую информацию;
- цели и назначение создания автоматизированной системы;
- характеристика объектов автоматизации – сведения об условиях эксплуатации объекта автоматизации и характеристиках окружающей среды;
- требования к автоматизированной системе – требования к структуре АС в целом, требования к выполняемым функциям и задачам, общие технические требования к АС (например, стек технологий, языки программирования, требования к инфраструктуре развертывания) и другую информацию;
- состав и содержание работ по созданию автоматизированной системы – перечень этапов работ по разработке АС и их сроки;
- порядок разработки, автоматизированной систем;
- порядок контроля и приемки автоматизированной системы – виды и составы испытаний по приемке АС;
- требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу автоматизированной системы в действие;
- требования к документированию;
- источники разработки.

Как видно из приведенного перечня, процесс анализа технической документации, который необходимо провести сотрудникам организации, ответственной за разработку программного обеспечения по поставленному техническому заданию, требует значительных временных затрат, а допущенные в нем ошибки могут привести к серьезным нарушениям в ходе выполнения работ. Кроме того, в сфере разработки IT-продуктов технические задания и спецификации часто предоставляются в произвольном виде, при этом соответствие требованиям ГОСТ могут быть не выполнены частично или полностью. Это создает дополнительные сложности при анализе технической документации и формировании задач на разработку программного обеспечения, так как формат входных требований может значительно отличаться как от заказчика к заказчику, так и от проекта к проекту.

## III. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

Современные средства обработки естественного языка, а в частности, крупные языковые модели (Large Language Models, сокр. LLM) благодаря обширным обучающим наборам данных и значительному увеличению вычислительной мощности, способны обрабатывать и анализировать огромные массивы текстовой информации, что делает возможным для применения в таких специфических областях, как разработка программного обеспечения [4]. Эти модели могут выявлять сложные закономерности и зависимости в текстах, что особенно важно при работе с комплексными документами, такими как спецификациями, техническими заданиями, функциональными и нефункциональными требованиями, а также другими видами технической информации. Например, проведенное исследование применение LLM-модели в гибких методологиях разработки [5] показывают, как эффективное использование LLM может помочь в автоматизации процессов разработки программных продуктов.

Одним из ключевых преимуществ LLM является их способность к обучению на специфических наборах данных, что позволяет адаптировать их к особенностям различных доменов, включая сферу IT. Например, одно из исследований демонстрирует, как обучение модели на специализированных наборах данных способствует более точному проведению анализа программного кода, разработанного в ходе выполнения проектов [6].

Авторы исследований в сфере анализа естественного языка выделяют такие крупные языковые модели, как генеративный предобученный трансформер (Generative pre-trained transformer, сокр. GPT) [7], LLaMA (Large Language Model Meta AI) [8], а также основанные на них модели и расширения [9]. Эти модели демонстрируют значительный потенциал в понимании и одновременной обработке многих языков, что делает их особенно ценными для работы с документацией по программному обеспечению, так как она, во многих случаях, содержит в себе термины и определения как на русском, так и на английском языках.

Среди особенностей моделей, построенных на архитектуре трансформера (transformer), выделяют следующие факторы:

1. Архитектура трансформера позволяет обрабатывать большие объемы данных и улавливать сложные зависимости в тексте. Трансформеры используют механизмы внимания, которые позволяют модели сосредотачиваться на важных частях входных данных, что улучшает качество обучения.
2. Модели, основанные на GPT и LLaMA, являются предобученными. Это означает, что модели GPT и LLaMA уже обучены на значительных объемах данных и корпусах текста, благодаря чему они обладают широким пониманием языка и контекста, что упрощает дальнейшее обучение под конкретные задачи.

3. Данные модели поддерживают возможность дообучения (fine-tuned) для конкретных задач или доменов, используя относительно небольшие наборы данных. Это позволяет им быстро адаптироваться к новым задачам, сохраняя при этом общие обширные знания, полученные в ходе предварительного обучения.

Благодаря данным особенностям, LLM модели GPT, LLaMA и их производные были выбраны для последующего анализа технических заданий и спецификаций на разработку программного обеспечения.

#### IV. ВЫБОР МОДЕЛИ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для проведения исследования и изучения возможности автоматизации анализа технических заданий и спецификаций был выбрана модель OpenAI GPT-4 [10], показывающая наилучшие результаты в задачах из различных сфер [11]. В будущих исследованиях по данной тематике предполагается применение других LLM моделей, не имеющих ограничений на коммерческое использование, а также свободно встраиваемых в целевое ПО (проекты с открытым исходным кодом). Однако в контексте исследования возможности применения данной технологии к рассматриваемой задаче анализа технической документации, модель GPT-4 является допустимым выбором.

На момент проведения исследования авторами не было обнаружено русскоязычного набора данных технических заданий и спецификаций на разработку программного обеспечения в открытом доступе. В связи с этим, для формирования набора тестовых данных авторами был подготовлен соответствующий набор данных, основанный на открытой информации, доступной в Единой информационной системе в сфере закупок (ЕИС) Российской Федерации [12]. Для формирования набора данных были выбраны 100 случайных конкурсных процедур, найденных в ЕИС при помощи механизма фильтрации со следующими входными данными: закон – 44-ФЗ, этап закупки – закупка завершена, код ОКПД2 [13] – 62.01.1: Услуги по проектированию, разработке информационных технологий для прикладных задач и тестированию программного обеспечения

В качестве документа, являющегося техническим заданием конкурсной процедуры, было использовано описание объекта закупки, в котором, в соответствии с частью 2 статьи 33 44-ФЗ [14], «указываются функциональные, технические и качественные характеристики, эксплуатационные характеристики объекта закупки». Загруженные документы были размечены вручную, в результате чего по каждому из них были выделены некоторые характеристики информационных систем, сформированные на основе ГОСТ 34.602 – 2020, которые будут использованы для извлечения средствами рассматриваемой модели, а именно:

- наименование;
- цели и назначения разработки;
- описание структуры;
- стек технологий;
- требования к инфраструктуре;

- требования к документированию.

В ходе анализа, полученного набор данных из 100 документов, были обнаружены следующие расширения документов с описанием объекта закупки: doc/docx (Microsoft Word), odt (Open Document), rtf (Rich Text Format), pdf, а также zip-архивы, содержащие один или несколько документов указанных форматов. Для стандартизации данных документов и приведения их в простой текстовый вид, используемый для формирования запросов к GPT-моделям, был реализован скрипт-обработчик на языке программирования Python.

1. Для извлечения информации из документов с расширениями doc, docx и odt использовалась библиотека ruandoc [15], позволяющая извлечь текстовые данные с сохранением порядка и форматирования исходных блоков документов.
2. Для обработки pdf скан-образов закупочной документации использовалась библиотека tesseract [16], выполняющая алгоритм оптического распознавания символов (optical character recognition, сокр. OCR) страниц исходного документа, после из разных страниц текст объединялся с сохранением исходного порядка.
3. Для обработки zip-архивов была использована библиотека zipfile [17], с помощью которой производилась разархивация исходных файлов и последующая обработка каждого документа в зависимости от его расширения по алгоритмам, описанным в пунктах 1 и 2. Полученные текстовые блоки были объединены в единые текстовые документы, так как во всех обнаруженных документах необходимо использование архивов была обусловлена выделением приложений к основному документу в отдельные файлы.

Работа с моделями, такими как GPT-4, основана на формировании запросов (промтов, от англ. – prompt) на естественном языке. Правильное формирование промптов к моделям LLM является ключевым аспектом для корректного извлечения информации и задания команд. Авторы других исследований в сфере отмечают важность указания целевой задачи, контекста (например, сферы деятельности), роли (актера), а также формата ответа для получения наиболее точных ответов на запросы [18]. Для проведения исследования модели GPT-4 был использован режим чата, когда модель запоминает контекст предыдущих запросов, что использовалось для первичной загрузки текста технического задания в модель и последующего формирования промтов. Например, для загрузки технического задания использовался промт:

Человек: *«Ты являешься системным аналитиком в сфере разработке программного обеспечения. Твоя задача – запомнить текст технического задания, описанного ниже, для последующего анализа. Текст задания: ...»*

Для последующего анализа рассмотрим конкурсную процедуру № 0848300051723000350 на «оказание услуг по созданию информационного онлайн-ресурса (веб-сайта) инвестиционного портала Сергиево-Посадского городского округа Московской области» [19], включенную в исходный набор данных. После загрузки

текста технического задания модели был задан запросы по каждому из извлекаемых параметров, например:

1. Человек: *«На основе ранее загруженного текста технического задания сформируй список требуемых для реализации технологий. Выведи результат в виде кратких названий технологий, разделенных запятой.»*

Модель GPT-4: «1С-Битрикс, HTML, PHP, HTML5, CSS3.»

2. Человек: *«На основе ранее загруженного текста технического задания укажи только полное наименование разрабатываемой системы.»*

Модель GPT-4: «Информационный онлайн-ресурс (веб-сайт) инвестиционного портала Сергиево-Посадского городского округа Московской области»

3. Человек: *«На основе ранее загруженного текста технического задания напиши список этапов работ с указанием названия этапа, плановой даты начала и окончания, а также сроков выполнения.»*

Модель GPT-4:

- *“Покупка лицензии программы "1С-Битрикс: Управление сайтом": 01 марта 2024 года – 30 марта 2024 года (30 календарных дней).*
- *Разработка и согласование структуры сайта: 31 марта 2024 года – 29 апреля 2024 года (30 календарных дней).*
- *Разработка «Главной страницы»: 30 марта 2024 года – 14 мая 2024 года (45 календарных дней).*
- *Разработка страницы «Инвестору»: 15 мая 2024 года – 29 июня 2024 года (45 календарных дней).*

Последний пример особенно интересен тем, что в исходном документе указаны только сроки выполнения этапов в календарных днях, при этом плановый срок начала работ указан в другом разделе. Следовательно, модель выполнила верный расчет дат и сроков реализации этапов.

Результаты, полученные в ходе анализа работы модели GPT-4 на созданном наборе данных по представленным параметрам, представлены в таблице 1. Корректность ответов по каждому параметру оценивалась как среднее значение корректности по каждому экземпляру набора данных. Корректность параметра экземпляра набора данных оценивалась по общему набору ожидаемых характеристик ответа с помощью стандартных метрик, таких как точность, точность (precision), полнота (recall) и F1-мера.

ТАБЛИЦА 1. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА РАБОТЫ МОДЕЛИ GPT-4

	Характеристика	F1
1	Наименование	0.89
2	Цели и назначения разработки	0.86
3	Описание структуры	0.69
4	Стек технологий	0.75
5	Требования к инфраструктуре	0.79
6	Требования к документированию	0.77

Как видно по представленной таблице, модель показывает точность работы 80.3 % как среднее значение по рассматриваемым характеристикам. Однако важно отметить, что, несмотря на высокую точность работы модели и возможность ее применения к задаче автоматизированного анализа технических заданий, для дальнейшего повышения точности следует использовать модели, позволяющие проводить дообучение (fine-tuning), для повышения точности понимания контекста конкретных сфер и областей работы, таких как разработка ПО.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье было представлено исследование применимости моделей GPT-4 к задаче анализа технических заданий и спецификаций на разработку программного обеспечения, результаты которого показали, что исходная модель обрабатывает тексты предоставленных документов с точностью 80.3 %, что делает возможным применение модели GPT-4 к рассматриваемой задаче, что в будущем позволит автоматизировать процесс анализа технических заданий в сфере разработки программного обеспечения.

Дальнейшее развитие и оптимизация исходной модели, а также использование моделей с открытым исходным кодом, позволяющие произвести дообучение для работы в специфичных сферах, таких как разработка программных продуктов, могут открыть новые возможности и применения в будущих исследованиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Guo, Q., Cao, J., Xie, X., Liu, S., Li, X., Chen, B., & Peng, X. Exploring the potential of chatgpt in automated code refinement: An empirical study //Proceedings of the 46th IEEE/ACM International Conference on Software Engineering. 2024. С. 1-13.
- [2] AlOmar, E. A., Venkatakrishnan, A., Mkaouer, M. W., Newman, C. D., & Ouni, A. How to Refactor this Code? An Exploratory Study on Developer-ChatGPT Refactoring Conversations //arXiv preprint arXiv:2402.06013. 2024.
- [3] ГОСТ 34.602-2020. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. М.: Российский институт стандартизации, 2021.
- [4] Liu, Y., Han, T., Ma, S., Zhang, J., Yang, Y., Tian, J. Summary of chatgpt-related research and perspective towards the future of large language models //Meta-Radiology. 2023. С. 100017.
- [5] Bera P., Wautelet Y., Poels G. On the Use of ChatGPT to Support Agile Software Development //Short Paper Proceedings of the Second International Workshop on Agile Methods for Information Systems Engineering (Agil-ISE 2023) co-located with the 35th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE 2023), Zaragoza, Spain, June 13, 2023. CEUR-WS. org, 2023. Т. 3414. С. 1-9.
- [6] Pornprasisit C., Tantithamthavorn C. GPT-3.5 for Code Review Automation: How Do Few-Shot Learning, Prompt Design, and Model Fine-Tuning Impact Their Performance? //arXiv preprint arXiv:2402.00905. 2024
- [7] Radford, A., Narasimhan, K., Salimans, T., & Sutskever, I. (2018). Improving language understanding by generative pre-training.
- [8] Touvron, H., Lavril, T., Izacard, G., Martinet, X., Lachaux, M. A., Lacroix, T. Llama: Open and efficient foundation language models //arXiv preprint arXiv:2302.13971. 2023.
- [9] Hou, X., Zhao, Y., Liu, Y., Yang, Z., Wang, K., Li, L., Luo X., Lo D., Grundy J., Wang H. Large language models for software engineering: A systematic literature review //arXiv preprint arXiv:2308.10620. 2023.
- [10] OpenAI, Gpt-4 technical report //arXiv preprint arXiv:2303.08774. 2023.

- [11] Hadi, M. U., Qureshi, R., Shah, A., Irfan, M., Zafar, A., Shaikh, M. A survey on large language models: Applications, challenges, limitations, and practical usage // Authorea Preprints. 2023.
- [12] Официальный сайт Единой информационной системы в сфере закупок [Электронный ресурс]. URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html> (дата обращения 01.03.2024).
- [13] ОКПД 2 — Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности. Классификатор ОКПД 2 ОК 034-2014 (КПЕС 2008) с изменением №99 от 1 марта 2024 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://classifikators.ru/okpd> (дата обращения 01.03.2024).
- [14] Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ "О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд" [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201304080023> (дата обращения 01.03.2024).
- [15] py pandoc 1.13 URL: <https://pypi.org/project/py pandoc/> (дата обращения 01.03.2024).
- [16] Patel C., Patel A., Patel D. Optical character recognition by open-source OCR tool tesseract: A case study //International Journal of Computer Applications. – 2012. – Т. 55. – №. 10. – С. 50-56.
- [17] zipfile — Work with ZIP archives¶ URL: <https://docs.python.org/3/library/zipfile.html> (дата обращения 01.03.2024).
- [18] Liu, X., Zheng, Y., Du, Z., Ding, M., Qian, Y., Yang, Z., & Tang, J. GPT understands, too //AI Open. 2023.
- [19] Оказание услуг по созданию информационного онлайн-ресурса (веб-сайта) инвестиционного портала Сергиево-Посадского городского округа Московской области. Единый портал государственных закупок. URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ea20/view/common-info.html?regNumber=0848300051723000350> (дата обращения 01.03.2024).

# Нейросетевые методы обработки изображений в компьютерной графике

В. Л. Литвинов

Санкт-Петербургский государственный университет  
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

ius@sut.ru

**Аннотация.** В целях качественного анализа изображений, системы компьютерного зрения используют результаты смежных научных направлений. Технологии глубокого обучения задействуют многослойные искусственные нейронные сети. Чтобы улучшить характеристики обрабатываемых цифровых снимков, исследователь часто применяет последовательность определенных алгоритмов, что позволяет повысить эффективность машинного распознавания образов. При программной реализации данного подхода целесообразно использовать специальные платформы для языков высокого уровня.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение; морфологическая фильтрация; нейронные сети, обработка изображений; эффект переобученности нейронной сети

## I. ВВЕДЕНИЕ

С компьютерным зрением тесно связана технология обработки изображений, и нейронные сети успешно применяются для решения подобных задач. Для эффективного решения задач распознавания изображений, возникает необходимость в реализации алгоритмической композиции, которая приводит к уменьшению ошибок.

## II. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В большинстве случаев при обработке изображений требуется изменить размеры изображения, выполнить выравнивание гистограммы, сгладить изображение, убрать шумы, выделить края, осуществить сегментацию, проанализировать текстуру, выполнить классификацию и т. д.

В компьютерном зрении термин морфология относится к описанию свойств формы областей на изображении. Основная идея морфологической фильтрации заключается в применении математических операций к каждому пикселю изображения с целью изменения его значения.

Алгоритмы морфологической фильтрации описываются понятиями теории множеств [1, 2].

В двоичных изображениях множества являются подмножествами двумерного целочисленного пространства  $Z^2$  с элементами в виде пар чисел, то есть двумерных векторов, координаты которых указывают на черный или белый пиксель. Для модификации изображений применимы различные операции, такие как:

Н. Б. Гарифуллин

Санкт-Петербургский государственный университет  
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

ius@sut.ru

**Сужение (Erosion).** Уменьшает светлые области, «съедая» края объектов. Это может быть использовано для устранения шума:

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\}. \quad (1)$$

Эрозия множества  $A$  по  $B$  – это множество таких точек  $z \in A$ , при сдвиге в которые центра множества  $B$  это множество целиком содержится во множестве  $A$ .

**Расширение (Dilation).** Увеличивает светлые области и «раздвигает» объекты на изображении. Расширение может быть использовано для заполнения небольших дыр и соединения разорванных областей:

$$A \oplus B = \{z | [(B)_z \cap A] \subseteq A\}, \quad (2)$$

где  $A$  – заданное множество,  $B$  – структурирующий элемент.

Мощным инструментом программирования элементов компьютерного зрения является язык Python, кроссплатформенные возможности которого позволяют программировать под операционными системами Windows, Linux и др. [3]. На практике при создании систем компьютерного зрения используют библиотеку OpenCV, предназначенную для создания приложений в реальном масштабе времени с максимальным использованием аппаратных мощностей многоядерной платформы [4, 5]. Одна из целей OpenCV – предоставить простую для использования инфраструктуру компьютерного зрения. На рис. 1 показан пример применения алгоритмов морфологической фильтрации изображений, реализованный на Python с использованием библиотеки OpenCV.

### Dilation

```
dilated_image = morph.dilation(img_t, kernel) # Dilation  
plot_morph_image(dilated_image) # Plot
```



Рис. 1. Пример использования алгоритмов Erosion и Dilation

**Наблюдаемый эффект:** лучше обозначились контуры затемненных элементов изображения.

Преимуществами морфологической фильтрации является быстрое удаление шумов; возможность использования в комбинации с другими способами обработки. К недостаткам можно отнести удаление вместе с шумами других деталей изображения. С учетом всех особенностей морфологическая фильтрация является важным инструментом для улучшения качества изображений, и применяется в широком диапазоне областей.

### III. ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЗАДАЧАХ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Благодаря способности к обучению искусственные нейронные сети успешно применяются в задачах машинного зрения. К ним относятся: классификация, идентификация, сегментация и др. Рассмотрим пример построения модели нейронной сети для распознавания изображений. Выборки из обучающего набора данных представлены на рис. 2.

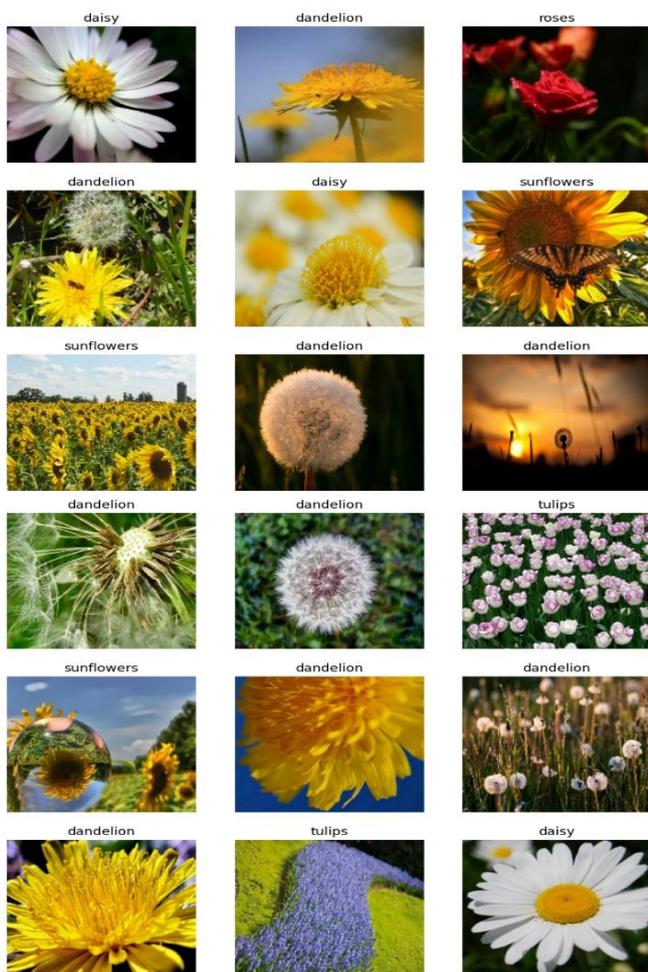


Рис. 2. Выборки из обучающего набора данных

При разработке модели часть изображений используется для обучения – 80 %, часть для проверки – 20 %. Особенностью модели является использование платформ Keras и TensorFlow.

**TensorFlow** – это библиотека машинного обучения с открытым исходным кодом. Новыми возможностями TensorFlow являются: автоматическое вычисление градиента; возможность работать на GPU и TPU; графические вычисления можно распределить между несколькими аппаратными платформами.

**Keras** – это высокоуровневый API глубокого обучения на основе TensorFlow. Позволяет быстрее настраивать модели, сводит к минимуму количество действий в сценариях, обеспечивает обратную связь. Основные возможности Keras: удобное построение моделей и настройка слоев, обработка ввода и вывода информации из модели, преобразование входных данных, удобный подбор датасетов для обучения, визуализация модели, подготовка модели к работе, определение ее функций ошибки и оптимизаторов, обучение и тестирование модели. Оценочные показатели обучения нейронной сети иллюстрирует рис. 3.

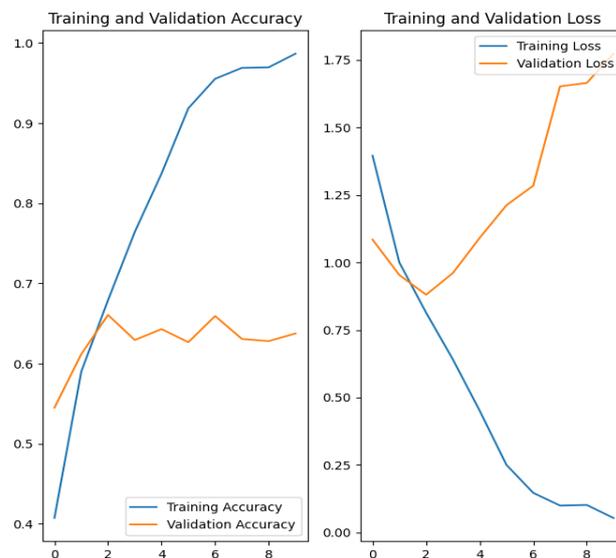


Рис. 3. Графики точности обучения и проверки нейронной сети

Из графиков видно, что точность обучения линейно увеличивается с течением времени, а точность проверки останавливается примерно на 65 %. Заметна разница в точности между обучением и проверкой, что является признаком переобучения.

### IV. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЭФФЕКТА ПЕРЕОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Генерация изображений.** Нейронные сети обладают способностью генерировать изображения, обучаясь на большом наборе данных. Сеть кодировщика преобразует входное изображение в вектор скрытого пространства меньшей размерности, после этого сеть декодера генерирует новое изображение из этого вектора. На рис. 4 показан процесс генерации изображений.

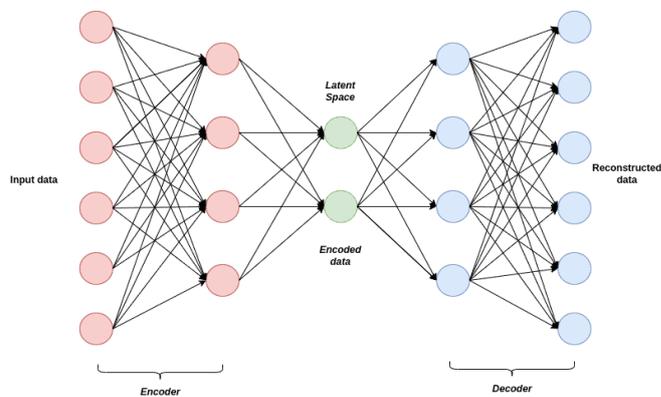


Рис. 4. Процесс генерации изображений

Рис. 5 отображает сгенерированные изображения.



Рис. 5. Сгенерированные изображения

**Dropout.** Регулирование отсева – метод, используемый для решения проблем с переобучением, который включает случайное «выпадение» некоторых выходных данных. Методы отсева используются для улучшения представления данных за счет введения шума, генерации дополнительных обучающих выборок. Рис. 6 характеризует графики точности обучения и проверки после снижения переобученности.

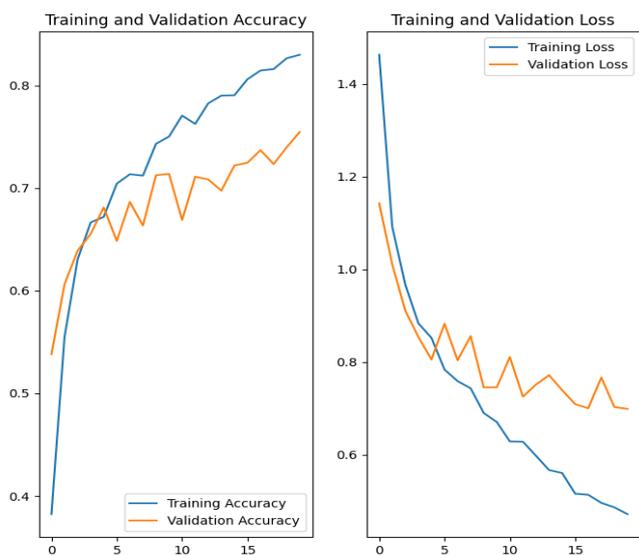


Рис. 6. Графики точности обучения и проверки после снижения переобученности

После обучения и снижения переобученности модель можно использовать для распознавания изображения, которое не было включено в наборы для обучения или проверки. Это предварительно обработанное изображение средствами морфологической фильтрации. На рис. 7 представлено изображение с указанием вероятности его распознавания.



Рис. 7. Это изображение относится к подсолнухам с вероятностью 98 %

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Для эффективного решения задач распознавания изображений в компьютерном зрении, в рамках проведения исследований необходимо применять комплекс алгоритмов.
- С целью улучшения качества распознавания тестируемого изображения в нейронных сетях предварительно его целесообразно отфильтровать, например, морфологическими фильтрами.
- При построении нейросетевой модели распознавания изображений рекомендуется использовать специализированные библиотеки и платформы, такие как: OpenCV, Keras, TensorFlow и др.
- Для снижения эффекта переобученности нейронной сети необходимо в первую очередь, рассмотреть хорошо апробированные инструменты, такие как: увеличение количества данных за счет генерации изображений, добавление Dropout в модель.
- Совместное применение данных алгоритмов показывает хороший результат с высоким процентом распознавания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Изд-е 3-е, исправленное и дополненное, Москва: Техносфера, 2012. 1104 с.
- [2] Компьютерное зрение. Современные методы и перспективы развития / ред. Р. Дэвис, М. Терк; пер. с англ. В. С. Яценкова. М.: ДМК Пресс, 2022. 690 с: ил.
- [3] Коул Анирад, Ганджу Сиддха, Казам Мехер, Искусственный интеллект и компьютерное зрение. Реальные проекты на Python, Keras и TensorFlow. СПб.: Питер, 2023. 624 с: ил. (Серия «Бестселлеры O'Reilly»).
- [4] Молодяков С.А. Применение функций OpenCV в компьютерном зрении (60 примеров на Python). СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2022. 296 с.
- [5] Матвеев А.И. Цифровая обработка изображений в OpenCV. Практикум: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 104 с: ил.

# Автоматизация системы мониторинга уличного движения с применением компьютерного зрения

А. А. Артамонов, Д. Ш. Дашкин, Е. А. Пекло

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

fhnneh@mail.ru

**Аннотация.** В условиях современных мегаполисов, дорожное движение является серьезной проблемой. Только за 2023 год в России зарегистрировано около 130 тысяч дорожно-транспортных происшествий. А жизнь человека и автомобиля – это всегда конфликт интересов за право пользования дорогами. Цель данной работы – разработка подсистемы мониторинга дорожного движения с использованием городских камер. Исследование включает процесс сбора и подготовки данных, обучение модели нейронной сети для детекции объектов в режиме реального времени, реализованы алгоритмы трекинга. Будет описан алгоритм подсчета количества и скорости транспортных средств. Итогом работы является демонстрация возможностей системы и перспективы ее интеграции в комплексные решения для повышения безопасности и эффективности дорожного движения.

**Ключевые слова:** автоматизация, машина, дорога, дорожное движение, ДТП, компьютерное зрение, система мониторинга, детекция, распознавание

## I. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире люди и машины вынуждены сосуществовать в одном обществе. Большие города неудобны как для людей, которым приходится стоять на светофорах, чтобы добраться до работы, так и для машин, которые в свою очередь также не могут разогнаться и доехать быстрее. За 2023 год в России зафиксировано 130 тысяч дорожно-транспортных происшествий с числом пострадавших порядка 160 тысяч человек. Каждый день происходит, по меньшей мере, 300 ДТП. Отдельный комплекс камеры, устанавливаемой над дорогами для фиксации нарушений, стоит по меньшей мере от 1 млн рублей.

Цель данного доклада заключается в представлении подсистемы мониторинга дорожного движения с использованием обычных городских камер. А также демонстрации возможностей в случае создания или внедрения в полноценную систему автоматизации и контроля дорожного движения.

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Перед началом работы необходимо собрать и подготовить данные, с которыми далее мы сможем работать. Этот процесс включает в себя процесс поиска данных, а также последующую их разметку для представления их в формат машинного обучения.

Следующей задачей в работе станет обучение модели нейронной сети, позволяющей детектировать объекты в режиме реального времени. Для этого помимо обучения и выбора правильной модели также нужно применить оптимизацию для ускорения ее работы.

После получения модели детектора, позволяющей находить машины на изображении, станет этап, который несет название трекинг объектов. В данном этапе мы научим наш алгоритм отслеживать отдельные объекты и как бы вести их во времени. То есть создадим связь между последовательностью изображений и объектами на них. Таким образом, сможем отслеживать перемещение объекта, например, на видео или в режиме онлайн потока кадров с камеры.

Следующим этапом станет подсчет количества, а также скорости объектов. Сделать это мы сможем благодаря предыдущему пункту, который будет нам говорить, на сколько пикселей сдвинулся тот или иной объект между кадрами.

Заключительным этапом станет демонстрация возможностей, которые становятся доступны с помощью данной подсистемы мониторинга. Рассмотрим несколько примеров, где подсистема сможет перерасти в полноценную систему.

## III. ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ДАННЫХ

### A. Сбор данных

Для данного пункта мы нашли публичные онлайн-камеры, предоставляемые сервисом Мой Дом Ситилинк, и отобрали из них пару камер, которые были направлены на дорогу. С ними далее мы и будем работать.



Рис. 1. Пример кадра, направленного на дорогу

Для ускорения сбора данных была проделана следующая хитрость. Мы нашли датасет с похожим видом – дорога с машинами, вид сверху и сбоку. И обучили на этом датасете модель нейронной сети YOLOv8n. Вопрос касательно, почему мы выбрали именно данную модель, будет рассмотрен в работе позже.

Данные в найденном датасете пусть и были не идеальны с точки зрения разметки, а также не имели наших оригинальных изображений с камеры, но имели схожий контекст, что крайне важно для моделей нейронных сетей.

Схожесть контекста – это, пожалуй, одно из самых главных требований для применения нейронных сетей. Представим ситуацию, что модель обучена на изображениях людей, когда те смотрят прямо в камеру и на небольшом от нее расстоянии. К примеру, фотографии в социальных сетях. Далее мы думаем, что наша модель обучилась распознавать людей. Вешаем камеру с такой моделью на потолок в торговом центре и поражаемся тому, что модель совершенно не может отличить человека от мусорки. Действительно, теперь модель вместо четких лиц человека видит лишь кепки, шапки и волосы. И мы хотим, чтобы «это» она воспринимала за человека.

После получения пусть и не идеальной модели с использованием чужих данных мы заставляем ее находить все машины на наших изображениях с онлайн-камер. И в случае, если какой-либо транспорт будет обнаружен на снимке, мы сохраняем такое изображение.



Рис. 2. Пример работы полученной модели

### В. Разметка данных

Теперь наша задача – разметить данные. То есть выделить все объекты транспортных средств на изображении. И перевести это в формат, который сможет понимать компьютер.

Данный пункт также не обходится без хитрости, экономящей время. Мы также используем обученную модель. Но на этот раз с помощью нее мы сделали предразметку наших собранных данных. То есть, мы также запустили ее предсказывать данные на сохраненных снимках, но вместе с этим указали параметр, отвечающий за сохранение объектов в формате разметки.

Формат разметки для детекции минимальных ограничивающих прямоугольников (bounding-box) достаточно простой. Файл разметки для изображения выглядит следующим образом: class-id, x1, y1, x2, y2, где class-id – это номер класса (объект машина, объект человек, объект автобус), а x1, y1, x2, y2 – координаты прямоугольника в относительных изображению координатах.

```
cam_1_20240509_151208.txt – Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
2 0.625555 0.243877 0.134206 0.108962
2 0.39537 0.0697038 0.0920909 0.101815
0 0.833371 0.904846 0.0334225 0.120695
0 0.132816 0.879998 0.0408285 0.0987834
0 0.804061 0.915011 0.0392662 0.112873
3 0.550876 0.029938 0.0445326 0.0579508
0 0.483512 0.0261055 0.0130028 0.0510001
```

Рис. 3. Сгенерированная предразметка. Формат разметки данных

Имеющуюся псевдо-разметку мы загрузили вместе с изображениями на сайт, предоставляющий сервис для упрощения разметки – Roboflow. Стоит понимать, что данный сервис имеет платную подписку, без которой все наши данные будут публичными и любой желающий сможет их найти, также как это сделали мы в пункте А данной главы. Поэтому использовать его для коммерческих проектов крайне нежелательно.

Следующим шагом мы исправляем все предразмеченные нашей моделью данные. Например, если модель не увидела машину, перепутала машину и автобус, неправильно отметила их координаты рамок.

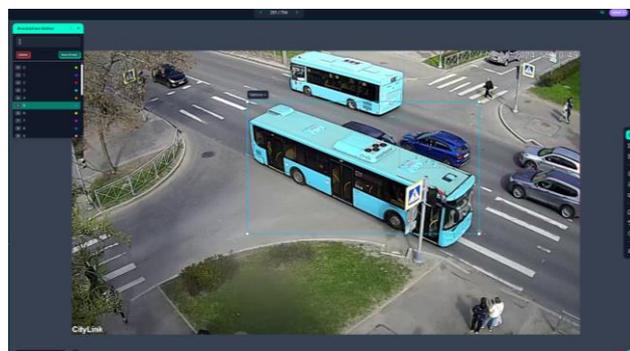


Рис. 4. Интерфейс разметки на сайте Roboflow

## IV. ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ДЕТЕКТОРА

### А. Выбор архитектуры и модели

В предыдущей главе мы получили размеченные данные, их получилось около 1000 изображений. В этой главе мы будем обучать собственную модель на них.

Среди моделей детекции популярны 2 архитектуры – R-CNN и YOLO. В данной статье мы не будем их сравнивать. Потому что ключевое отличие YOLO от любых других разновидностей моделей детекции – ее скорость.

В то время как самый быстрый детектор с архитектурой сверточных сетей Faster R-CNN работает со скоростью 0.2 секунды на 1 изображение или же 5–6 кадров в секунду, архитектура YOLO позволяет практически из коробки достигнуть скорости 7–10 миллисекунд на 1 изображение, что составляет скорости обработки порядка 100–140 кадров в секунду.

Поэтому, когда задача требует высоких скоростей работы или большого количества задействованных камер, то мы однозначно выбираем архитектуру YOLO.

Наши данные получились довольно простые:

- Все объекты легко различимы друг от друга.
- Малое количество различаемых классов.

Например, человек и машина внешне не имеют сходства, а автобус и машина сильно разнятся по габаритам.

Именно поэтому мы выбрали самую маленькую и быструю модель – YOLOv8n (nano).

### В. Обучение и оценка детектора

Далее мы обучили модель на наших размеченных данных. Качество обучения можно понять по метрике Precision-Recall. Ее график показывает взаимосвязь между точностью и полнотой для разных пороговых значений модели.

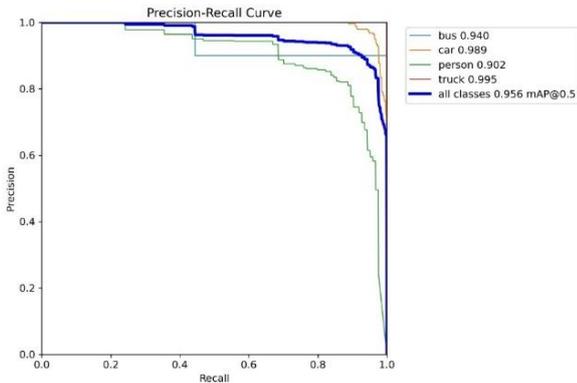


Рис. 5. Метрика Precision-Recall.

Также мы можем посмотреть на работу модели в режиме реального времени и оценить результат глазами.

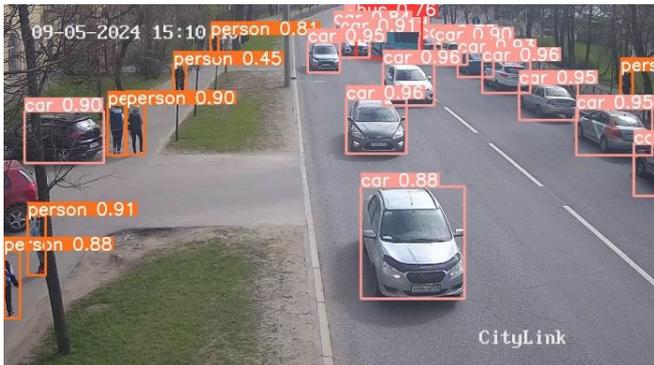


Рис. 6. Работа модели детекции в режиме реального времени

### С. Оптимизация скорости модели

Текущая скорость работы детектора составляет 7–8 мс на изображение или же 120 кадров в секунду. И хотя этого достаточно для потоковой обработки одной или пары камер, далее мы увеличим это значение, чтобы обрабатывать большое количество камер одновременно.

Для этого мы сконвертируем обученную модель в формат TensorRT. Данный формат был представлен компанией Nvidia. Он упрощает модель нейронной сети для видеокарты, например, используя для хранения чисел с плавающей точкой 16 бит вместо 32 бит стандартных. Также удаляет неиспользуемые слои и нейроны и оптимизирует саму сеть. Это позволяет ускорить работу нейронной сети в 3–5 раз.

В нашем случае после конвертации мы получили скорость обработки 2–3 мс на один кадр. А это значит, что модель способна работать при скорости в 300–500 кадров в секунду.

## V. ТРЕКИНГ ОБЪЕКТОВ

Данная глава будет посвящена теме отслеживания объекта между кадрами. Текущая модель нейронной сети не понимает связи между объектами. И каждое новое поданное изображение для нее будет содержать новые объекты.

С помощью трекинга мы сможем связать объекты между кадрами и знать, как перемещается конкретный объект.

С первого взгляда эта задача кажется довольно простой. Особенно если мы знаем, что объекты между кадрами перемещаются на небольшое расстояние. Однако это задача является одной из самых сложных задач в компьютерном зрении.

Можно выделить следующие алгоритмы трекинга:

- трекер ByteTrack;
- трекер StrongSort.

Трекер ByteTrack является достаточно простым. Он использует для предсказания объектов лишь данные, полученные из модели детектора. Определяет объект на основе следующих показателей:

- скорость и вектор движения объекта;
- класс объекта;
- уверенность модели детектора.

Второй трекер StrongSort является более сложным. И помимо алгоритмов, заложенных в ByteTrack трекаре, обладает собственной нейронной сетью внутри. Его внутренняя нейронная сеть позволяет оценивать внешность объекта. Хорошо работает, если объекты внешне не схожи. Например, люди в разных куртках, машины разного цвета. Однако имеет меньшую скорость по сравнению с трекаром ByteTrack

Для данной задачи достаточно простого трекара ByteTrack, ввиду простоты трекинга. Машины едут прямолинейно, не скрываются друг за другом и не пропадают из виду, мешая работе трекара. Допишем трекинг объектов и оценим работу.



Рис. 7. Работа трекара



Рис. 8. Работа трекара. Прошла 1 секунда

## VI. АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ И КОЛИЧЕСТВА ПРОЕЗЖАЮЩИХ МАШИН

### A. Определение скорости

Для определения скорости машин мы можем использовать 2 подхода:

- мгновенная скорость между соседними кадрами;
- время проезда определенного участка и последующий перевод времени проезда и длины участка в среднюю скорость.

Остановимся на мгновенной скорости. Для ее вычисления нам нужно знать количество пройденных пикселей между соседними кадрами и перевод пикселей в реальный размер. Пройденные пиксели считаем исходя из результатов трекера, а перевод находим из соотношения пикселей к длине известного объекта в кадре, например, машины.

Этот подход иногда требует применение фильтров, например, фильтр Калмана, для сглаживания скорости ввиду издержек нестабильности скорости работы камеры и модели.

### B. Определение количества

Для определения количества машин мы можем использовать 2 подхода:

- подсчет количества въезжающих и выезжающих машин;
- подсчет количества уникальных ID трекера.

Первый метод будет полезен на перекрестках и ввиду особенностей трекера имеет меньшую погрешность по сравнению со вторым. Второй же метод очень прост в реализации. Поэтому будем применять второй метод.



Рис. 9. Итоговая работа подсистемы

## VII. ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ

Далее будет представлен список систем, в которых возможна интеграция данной подсистемы и краткий комментарий к каждой системе.

- Система автоматического распознавания и реагирования на ДТП. Данная система будет оповещать службы о наличии аварии, а также оценивать степень ее тяжести. Система будет использовать классификатор для распознавания аварий.

- Система сбора статистики. Данная система будет иметь статистику по часам нагрузки участка дороги, иметь среднюю скорость на определенном маршруте. Может быть полезно для сервисов-навигаторов.
- Система регулирования светофоров. Данная система на основе статистики и машинного обучения будет регулировать движение города.
- Система поиска схожих автомобилей по внешнему виду. Данная система может помочь полиции, например, в борьбе с угонами и прочими случаями.

## VIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный доклад охватывает ключевые аспекты разработки подсистемы мониторинга дорожного движения. Были разобраны и показаны основные методы применения компьютерного зрения и нейронных сетей для решения задач по мониторингу уличного движения.

Целью исследования было представить функционал, который в дальнейшем можно было бы внедрить в уже существующие системы, или, наоборот, сподвигнуть к созданию новых систем городского дорожного управления. Примеры таких систем были рассмотрены в исследовании.

Функционал, достигнутый в рамках исследования, позволяет оценивать скорость и количество проезжающих транспортных средств на любой улице города, и используя почти любую городскую камеру. Такой функционал уже достаточен, чтобы иметь статистику по часам нагрузки транспорта и количеству проезжающих машин.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаем благодарность нашему научному руководителю Шумилу Льву Алексеевичу, кандидату технических наук, за важные советы при поиске материала и рекомендации по оформлению статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Nicolai Wojke, Alex Bewley, Dietrich Paulus Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric. arXiv: 1703.07402, 21 Mar. 2017.
- [2] Alex Bewley, Zongyuan Ge, Lionel Ott, Fabio Ramos, Ben Upcroft, Simple Online and Realtime Tracking. arXiv: 1602.00763, 02 Feb. 2016.
- [3] Yifu Zhang, Peize Sun ByteTrack: Multi-Object Tracking by Associating Every Detection Box. arXiv: 2110.06864, 01Dec.2021
- [4] Горбачев В.А., Калугин В.Ф. Разработка алгоритма многообъектного трекинга с необучаемыми признаками сопоставления объектов // Компьютерная оптика, 2023, том 47, №6 DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1275
- [5] Как работает Object Tracking на YOLO и DeepSort // AbellAI, 2020 [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/articles/514450/comments/>

# Разработка программного модуля горячего резервирования для средства разработки программ ПЛК Veremiz

И. Д. Балакирев<sup>1</sup>, М. С. Панасевич<sup>2</sup>

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

<sup>1</sup>ilyabalakirev2003@gmail.com, <sup>2</sup>panassevichm@gmail.com

**Аннотация.** В данной работе приведены основные современные подходы к построению АСУ ТП. Рассмотрена архитектура распределенной системы, использующая SCADA систему и ПЛК, и основной ее недостаток. Разработаны алгоритмы восстановления работоспособности системы в случае отказа одного или нескольких ПЛК без участия SCADA и прочих структур помимо ПЛК. Проведено компьютерное моделирование в среде MATLAB/Simulink, показавшее корректную работу алгоритмов. Описана реализация алгоритмов в виде программного модуля для среды разработки программ ПЛК Veremiz.

**Ключевые слова:** АСУ ТП, ПЛК, Veremiz, граничные вычисления, горячее резервирование, Modbus

## I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В настоящее время существует не мало готовых устройств и программных пакетов, позволяющих организовать горячее резервирование в системе управления. Однако, все они имеют как преимущества, так и существенные ограничения. Существует целый ряд известных иностранных компаний, производящих устройства для промышленной автоматизации, которые в свое время получили широкую популярность на российском рынке. К таким компаниям относятся Siemens, Mitsubishi, Schneider Electric и другие. Многие из них имеют свои средства для горячего резервирования разных частей системы включая ПЛК. Однако, в последние годы все больше иностранных компаний покидают российский рынок. Уход компаний с российского рынка приводит к множеству неприятностей, включая проблемы с поддержкой, программным обеспечением, ремонтом оборудования.

Сегодня российские производители устройств и программного обеспечения для промышленной автоматизации активно развиваются и предлагают широкие возможности для построения систем управления. Существует ряд моделей ПЛК, которые имеют аппаратную поддержку резервирования, например ОВЕН ПЛК210-KR [1] или МикроДАТ ПЛК МК202Р [2]. Второй способ реализации горячего резервирования заключается в использовании SCADA систем с поддержкой данных функций. Отечественные SCADA системы TRACE MODE 7 [3] и MasterSCADA 4D [4] имеют встроенную поддержку для резервирования различных узлов системы включая ПЛК. TRACE MODE 7 обеспечивает горячее резервирование следующих систем [5]:

- серверы реального времени;
- ПЛК с Micro TRACE MODE;
- серверы архива;
- сетевые коммуникации и др.

Однако горячее резервирование ПЛК при использовании TRACE MODE 7 можно реализовать только в том случае, если для конкретной модели ПЛК имеется поддержка исполнительного модуля Micro TRACE MODE [6]. Данное ПО доступно для ограниченного списка контроллеров. Чтобы данный модуль стал доступен для конкретного ПЛК, его производитель должен заключить OEM-проект с компанией «АдАстра». Система MasterSCADA 4D, разрабатываемая компанией «МПС СОФТ», также позволяет организовать горячее резервирование для любого узла системы (ПЛК, АРМ, панель оператора, сервер технологических данных, сервер исторических данных). Однако для работы с данной SCADA системой контроллер должен поддерживать MasterSCADA 4D RT [7]. Список поддерживаемых моделей сильно ограничен, в официальной документации указана поддержка 12 наименований. Если нужного ПЛК нет в списке, то он будет поддерживаться только в том случае, если не имеет периферийного оборудования и специальных функций. В противном случае реализация горячего резервирования с использованием данной SCADA невозможна.

Активное развитие беспроводных технологий, облачных вычислений и рост вычислительных возможностей современных ПЛК сделали возможным появление новых подходов к построению АСУ ТП. В соответствии с первым подходом ПЛК совершают базовую обработку данных, которые затем отправляют на облачные серверы для проведения тяжелых вычислений. Второй подход подразумевает использование граничных вычислений и требует высокой производительности ПЛК, которую могут обеспечить современные модели.

## II. ГРАНИЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Граничные вычисления (периферийные или Edge – вычисления) – это парадигма распределенных вычислений, суть которой заключается в том, что вычислительные устройства стараются сблизить с первичным источником данных (полевым устройством) [8]. Данный подход обладает целым рядом преимуществ:

- возможность анализировать и фильтровать данные до отправки на сервер, что позволяет облаку получать только релевантные данные;
- сокращение времени сетевого отклика, что может быть критично при выполнении точных операций;
- снижение нагрузки на сеть и, соответственно, снижение требований к ее пропускной способности;
- обеспечение безопасности чувствительных данных благодаря тому, что их можно обрабатывать на месте, избегая отправки по сети.

Такие средства могут решать сложные алгоритмы и отправлять данные в системы более высокого уровня. Таким функционалом обеспечиваются Edge devices (Граничные устройства). Граничные устройства могут сочетать в себе функциональность ПЛК и ПЛА.

### III. ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В системах с архитектурой, показанной на рис. 1, существует серьезный недостаток.

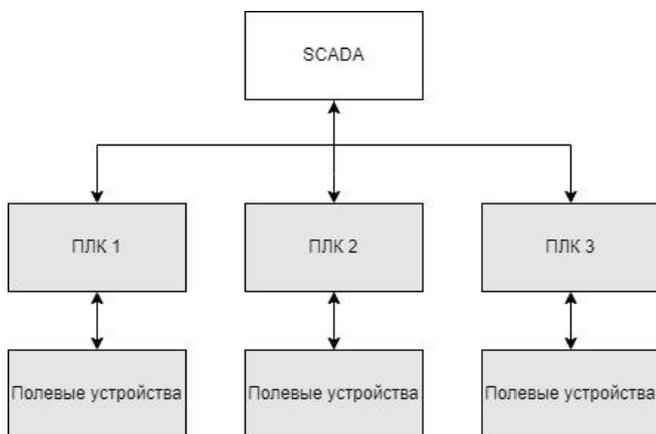


Рис. 1. Архитектура распределенной системы управления с использованием SCADA системы и ПЛК

При выходе одного или нескольких контроллеров из строя, нарушается работа части системы. Если SCADA предусматривает такой сценарий, она обнаружит неисправность, сообщит об этом оператору и может предпринять необходимые действия, например перераспределить нагрузку между исправными контроллерами, сохранив тем самым контроль над технологическим процессом. Хуже, если соединение со SCADA системой будет потеряно одновременно с выходом из строя контроллера. В этом случае быстро восстановить работу системы не получится, а оператор может даже не узнать о неисправности, пока не станет слишком поздно. Таким образом, стоит задача обеспечить работоспособность системы при выходе из строя одного или нескольких ПЛК. При этом механизм восстановления работы системы должен быть независим от SCADA системы.

### IV. ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО АЛГОРИТМА

Рассматривается система, состоящая из трех ПЛК и одного объекта управления. При этом каждый контроллер имеет возможность в полном объеме управлять объектом. Это возможно благодаря высокой производительности современных ПЛК. Объект управления представляет собой панель оператора, на

которой расположены три ряда индикаторов. Каждый ряд обслуживается единственным контроллером. Каждый контроллер может обслуживать более одного ряда вплоть до всех трех.

ПЛК при взаимодействии между собой используют модель «ведущий-ведомый» (master/slave). Ведущий контроллер циклично производит опрос ведомых, может считывать из них и записывать в них данные. Важно отметить, что только ведущее устройство в данной модели взаимодействия может инициировать обмен.

Система в любой момент должна иметь информацию о своем состоянии. Каждый контроллер может выйти из строя в любой момент. Хранение состояния в ведущем контроллере создает единую точку отказа. Следовательно, каждый контроллер должен хранить в себе текущие состояния системы. Дополнительно каждый контроллер должен хранить информацию о том, какие линии он должен обслуживать. Можно сформулировать набор данных, который должен храниться в каждом контроллере:

- ID контроллера;
- ID ведущего контроллера;
- состояние системы;
- состояние обслуживания.

Благодаря наличию ID у каждого контроллера, состояние системы и состояние обслуживания возможно представить компактно, закодировав при помощи двоичного кода. В табл. 1 представлены коды состояний системы.

ТАБЛИЦА I. Состояния системы

Состояние	ПЛК1	ПЛК 2	ПЛК 3
7	вкл.	вкл.	вкл.
6	вкл.	вкл.	выкл.
5	вкл.	выкл.	вкл.
4	вкл.	выкл.	выкл.
3	выкл.	вкл.	вкл.
2	выкл.	вкл.	выкл.
1	выкл.	выкл.	вкл.

Аналогичная таблица построена для состояний обслуживания. В этом случае столбцы 2–4 отвечают линиям индикаторов, а значения в ячейках – обслуживает ли контроллер соответствующую линию.

В табл. 2 представлены функции, выполняемые контроллерами, в зависимости от их роли в системе.

ТАБЛИЦА II. Выполняемые функции контроллерами

Роль	Функции
Ведущий (Master)	проверка активности ведомых устройств, диспетчеризация нагрузки, управление своей частью объекта
Ведомый (Slave)	проверка активности ведущего, переход в статус ведущего при выходе его из строя, управление своей частью объекта

Процедура диспетчеризации имеет представление в виде табл. 3. В зависимости от состояния системы каждому контроллеру присваивается свое состояние обслуживания.

ТАБЛИЦА III. СОСТОЯНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Состояние системы	Состояние обслуживания		
	ПЛК 1	ПЛК 2	ПЛК 3
1	0	0	7
2	0	7	0
3	0	6	1
4	7	0	0
5	6	0	1
6	6	1	0
7	4	2	1

### V. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Для проверки работоспособности алгоритма была построена компьютерная модель в среде MATLAB/Simulink. Все описанные ранее функции реализованы в рамках единого функционального блока, общего для всех контроллеров. Модель позволяет включать и отключать желаемые контроллеры нажатием кнопок на экране и наблюдать изменения в поведении системы. Все важные события выводятся в окно диагностики. Компьютерная модель продемонстрировала ожидаемое поведение и корректную работу разработанных алгоритмов. Система обнаруживает выход контроллеров из строя и надлежащим образом производит диспетчеризацию, восстанавливая управление процессом. В случае восстановления работоспособности контроллера он снова встраивается в систему автоматически.

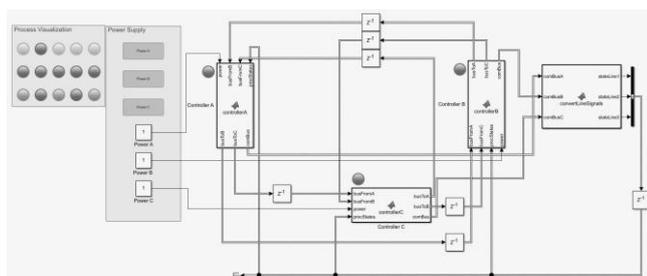


Рис. 2. Модель системы в MATLAB/Simulink

### VI. ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ BEREMIZ

Для реализации обмена информацией между контроллерами использован протокол Modbus TCP. Modbus – открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре ведущий – ведомый. Широко применяется в промышленности для организации связи между электронными устройствами. [10] Существует 3 формата данного протокола: Modbus ASCII, Modbus RTU, Modbus TCP. Последний предназначен для передачи данных в сетях TCP/IP и поддерживает наличие в одной сети несколько ведущих устройств. Данная возможность используется для того, чтобы ведомое устройство могло взять на себя роль ведущего при выходе последнего из строя. Каждый контроллер заранее настроен на обмен в обоих режимах и по необходимости роль ведущего передается от одного ПЛК к другому.

#### A. БАГЕТ-ПЛК1

Для дальнейшей реализации горячего резервирования для среды разработки программ Veremiz была использована отечественная платформа Багет-ПЛК1.

Багет-ПЛК1 является полностью отечественной разработкой и заменой западных ПЛК, он предназначен для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления в режимах реального времени под управлением отечественной операционной системы ОС РВ Багет.

В состав ПЛК «Багет-ПЛК1» входит микропроцессор отечественной разработки 1890BM108.

1890BM108 представляет собой так называемую систему на кристалле (СНК), созданную на собственной 64-разрядной архитектуре института – «Комдив», которую в организации называют MIPS-совместимой. MIPS создана в соответствии с концепцией RISC, то есть для процессоров с сокращенным набором команд.

### 1890BM108

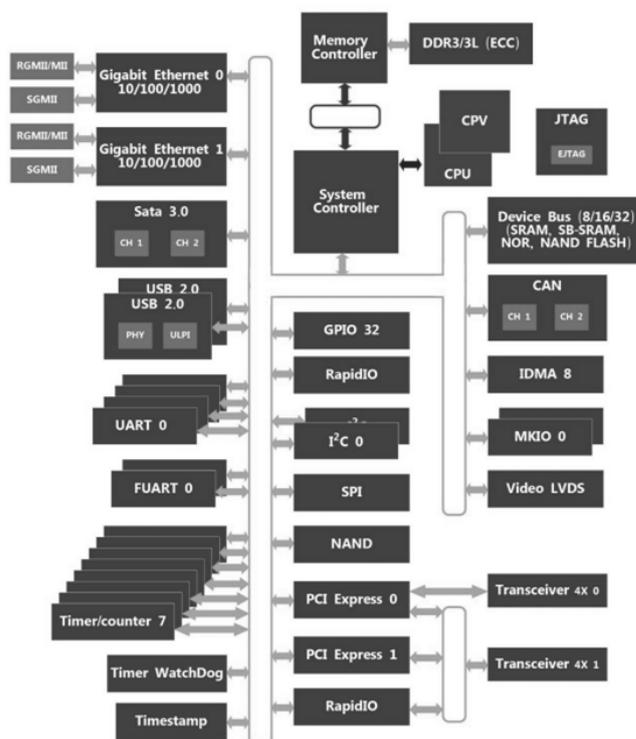


Рис. 3. Схема устройства микропроцессора 1890BM108

Этот одноядерный процессор выпускается по технологии 65 нм. Его тактовая частота составляет 0.8 ГГц. Чип имеет контроллер DDR3/DDR3L (ECC) 4 Гбайт, два канала PCIe, два контроллера Gigabit Ethernet 10/100/1000 Мбит/с, два контроллера SATA 3.0, два контроллера USB 2.0, четыре контроллера UART, два контроллера FUART (12.5 Мбит/с), два контроллера CAN 2.0, два контроллера МКЮ по ГОСТ Р 52070-2003 с резервированием. Диапазон рабочих температур чипа: от -60 до +85 °С.

Использование ОС РВ в ПЛК показывает: Детерминированность, Предсказуемость и Надежность вычислений ПЛК в наихудших условиях, что отличается от требований к Производительности и Быстродействию в Универсальных ОС. Но наличие мощного процессора нивелирует недостатки в производительности ОС РВ. [9]

## VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы были созданы алгоритмы, позволяющие восстанавливать функционирование распределенной системы только силами ПЛК без участия SCADA системы или любой другой структуры.

Для проверки работоспособности алгоритмов была построена модель в среде MATLAB/Simulink. Данная модель продемонстрировала желаемое поведение системы.

Данные алгоритмы были реализованы в виде программного модуля для средства разработки программ ПЛК Veremiz, поддерживающей ПЛК «Багет-ПЛК1». Также алгоритмы были реализованы для ПЛК следующих моделей: ОВЕН ПЛК210 и Элсима-М01. Для данных ПЛК были использованы среды разработки, предоставленные производителями ПЛК.

Для связи между контроллерами был использован протокол Modbus TCP. Система из реальных контроллеров также продемонстрировала желаемое поведение.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность своему научному руководителю к.т.н. Гульванскому Вячеславу Викторовичу за оказанную помощь и ценные советы при проведении настоящего исследования и рекомендации по оформлению статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ОВЕН ПЛК210-KR [Электронный ресурс] URL: [https://owen-russia.ru/product/plk210\\_kr/](https://owen-russia.ru/product/plk210_kr/) (дата обращения 05.05.24)
- [2] ПЛК МК202P с горячим резервированием [Электронный ресурс] URL: <https://www.microdat.ru/МК202P.php> (дата обращения 05.05.24)
- [3] TRACE MODE 6: отказоустойчивость и резервирование [Электронный ресурс] URL: [https://tracemode.ru/products/articles/tm6\\_redundancy](https://tracemode.ru/products/articles/tm6_redundancy) (дата обращения 06.05.24)
- [4] MasterSCADA 4D [Электронный ресурс] URL: <https://masterscada.ru/masterscada4d> (дата обращения 06.05.24)
- [5] Отказоустойчивый кластер TRACE MODE 7 [Электронный ресурс] URL: <https://tracemode.ru/products/articles/redund> (дата обращения 06.05.24)
- [6] Micro TRACE MODE: российское ПО для программирования промышленных контроллеров [Электронный ресурс] URL: <https://tracemode.ru/products/articles/4067> (дата обращения 07.05.24)
- [7] MasterSCADA 4D - Поддерживаемые контроллеры [Электронный ресурс] URL: [https://support.mps-soft.ru/Help-web/index.html?podderzka\\_kontrollerov.html](https://support.mps-soft.ru/Help-web/index.html?podderzka_kontrollerov.html) (дата обращения 07.05.24)
- [8] Premsankar G., Di Francesco M., Taleb T. Edge computing for the Internet of Things: A case study // IEEE Internet of Things Journal. 2018. Т. 5. №. 2. С. 1275-1284.
- [9] Бурдонов И.Б., Косачев А.С., Пономаренко В.Н. Операционные системы реального времени. М.: Институт системного программирования РАН. 2006. [https://www.ispras.ru/preprints/docs/prep\\_14\\_2006.pdf](https://www.ispras.ru/preprints/docs/prep_14_2006.pdf)
- [10] Modbus [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Modbus> (дата обращения: 29.04.2024).

# Чат-ботизация экспресс-проверки знаний студентов в мессенджере Telegram

В. А. Гевондян, Н. О. Шошков, А. М. Новосельцев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

gevondyan.v@rostsites.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматривается новый подход к автоматизации образовательного процесса в высших учебных заведениях через применение чат-ботов (чат-ботизация), демонстрируя этот метод на примере использования платформы Telegram. Основной акцент делается на возможности чат-ботов проводить краткие опросы среди студентов, основанные на материалах предыдущей лекции, что способствует более эффективной оценке знаний и повышению качества образования. Статья подробно описывает процесс разработки такого чат-бота с использованием конструктора LeadTex. Освещаются ключевые преимущества и возможные трудности, с которыми могут столкнуться преподаватели при внедрении данной технологии. Также обсуждается функционал, разработанный для удовлетворения потребностей как преподавателей, так и студентов, включая загрузку вопросов, автоматическое выставление оценок и анализ статистики результатов тестирования участников.

**Ключевые слова:** чат-ботизация, экспресс-тестирование, чат-бот Telegram, LeadTex

## I. АКТУАЛЬНОСТЬ

В современном высшем образовании возникает потребность в усовершенствовании методов проверки знаний студентов. Решением этой задачи может стать разработка простого в использовании инструмента для быстрой проверки знаний, который бы подталкивал студентов к повторению материалов прошлых лекций перед началом новых, способствовал их регулярному посещению занятий и предоставлял преподавателям современный, эффективный способ взаимодействия со студентами. Кроме того, важно, чтобы внедрение такого инструмента не требовало от преподавателя значительных усилий. Предлагается использовать автоматизированные чат-боты для экспресс-проверки знаний студента, осуществимые через такие коммуникационные платформы, как Telegram, WhatsApp, Viber.

## II. ПРЕИМУЩЕСТВА

Разработанный чат-бот значительно упрощает процесс взаимодействия между преподавателями и студентами, сокращая время, необходимое для проверки студенческих работ. Внедрение чат-бота для экспресс-оценки знаний способствует повышению заинтересованности студентов в дисциплине, что, в свою очередь, положительно сказывается на качестве образовательного процесса. Такой подход не только оптимизирует административные аспекты преподавания, но и способствует более глубокому пониманию материала студентами.

## III. СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ

В процессе разработки чат-ботов можно выделить два основных подхода: классический подход full-code и инновационный подход no-code.

Классический подход, full-code, предполагает использование современных языков программирования, таких как Python [1], которые дарят разработчикам свободу в создании сложных и масштабируемых решений. Этот метод позволяет детально настраивать функционал чат-бота для удовлетворения специфических требований образовательного процесса. Тем не менее, необходимость в обширных знаниях в области программирования, а также значительные временные и финансовые затраты на разработку и поддержку являются его недостатками.

С другой стороны, no-code подход, становящийся все более популярным в области информационных систем, предлагает возможность быстрой разработки программных продуктов без глубоких технических знаний. В данной работе особое внимание уделяется использованию no-code технологий для создания чат-ботов на платформе Telegram с использованием инструментария LeadTex [2], что демонстрирует его доступность и эффективность для образовательных учреждений.

## IV. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ LEADTEX

LeadTex является мощным инструментом для разработки чат-ботов, используя принципы no-code, что делает его доступным для широкого круга пользователей, включая представителей бизнеса и образовательной сферы. Эта современная и инновационная платформа позволяет создавать функциональные чат-боты без предварительных знаний в программировании.

Платформа обладает простым и понятным интерфейсом, который упрощает процесс создания и настройки чат-ботов даже для пользователей без технического опыта. Это значительно снижает порог вхождения и делает технологию доступной для широкого круга пользователей.

LeadTex предлагает функционал интеграции с различными популярными сервисами управления контактами, аналитикой и автоматизации маркетинговых кампаний. Это расширяет возможности использования чат-ботов, позволяя пользователям эффективно внедрять их в свои проекты.

Платформа предоставляет продвинутые инструменты аналитики и отчетности, благодаря которым

пользователи могут отслеживать эффективность своих чат-ботов. Это способствует более точной настройке и оптимизации работы ботов, обеспечивая максимальную отдачу от их использования в различных областях.

#### V. ИТ-РЕШЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РЕАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

Основная роль информационных технологий в обществе – это помощь людям в решении реальных проблем, и в контексте высшего образования это особенно важно. Внедрение чат-ботов в университетской среде играет ключевую роль в улучшении учебного процесса. С одной стороны, чат-боты увеличивают производительность труда преподавателей, предоставляя им эффективный инструмент для проверки знаний студентов. Это позволяет преподавателям сосредоточить свои усилия на подготовке и проведении лекций, а не на рутинной обработке ответов студентов.

С другой стороны, использование чат-ботов способствует повышению вовлеченности студентов. Интерактивные чат-боты предоставляют студентам удобный способ взаимодействия с учебным материалом, позволяя им мгновенно получать обратную связь. Это не только стимулирует самостоятельное изучение, но и укрепляет понимание предмета, делая образовательный процесс более эффективным и адаптированным к потребностям современных студентов.

#### VI. АЛГОРИТМ РАБОТЫ ЧАТ-БОТА

Конфигурация рабочих сценариев чат-бота на платформе LeadTex:

Настройка сценариев работы чат-бота для экспресс-проверки знаний студентов производится через интерфейс платформы LeadTex. Данный чат-бот включает в себя четыре основных сценария: главный, регистрация, тестирование и редактирование теста.

Главный сценарий: (рис. 1) активируется при первом обращении пользователя к чат-боту. В этом сценарии происходит первичная проверка всех пользователей на предмет их включения в списки преподавателей. В зависимости от результатов проверки, пользователи направляются по одной из двух траекторий: преподаватели получают доступ к функционалу управления тестами, тогда как студенты проходят проверку на наличие в списке зарегистрированных пользователей. Если студент не найден в системе, он перенаправляется на сценарий регистрации. После успешной регистрации или если студент уже зарегистрирован, он направляется к сценарию тестирования, где может приступить к выполнению заданий.

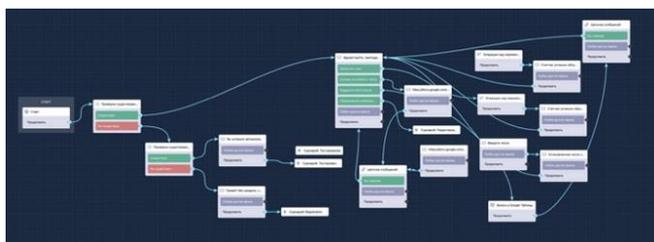


Рис. 1. Главный сценарий

Сценарий «Регистрация» (рис. 2) активируется для пользователей, которые не были обнаружены в предварительной проверке списков преподавателей и

студентов в рамках главного сценария. На этом этапе от пользователей требуется указать свои группу и ФИО. Система затем проверяет предоставленные данные на их наличие в списках студентов.

Если проверка данных проходит успешно, то телеграм-аккаунт пользователя регистрируется в системе как аккаунт студента, связанный с указанным ФИО и группой. Это позволяет чат-боту ассоциировать все дальнейшие действия студента с его аккаунтом, обеспечивая персонализированный доступ к тестам и материалам курса.

В случае если студент не найден в списке, система выведет соответствующее уведомление об ошибке, информируя пользователя о том, что регистрация не может быть завершена. После успешной регистрации, студент направляется к следующему сценарию – «Тестирование», где он сможет начать выполнение заданий для проверки своих знаний.



Рис. 2. Сценарий: Регистрация

Сценарий «Тестирование» начинается с проверки наличия активных тестов в данный момент. Если тесты отсутствуют, система информирует студента соответствующим сообщением о том, что в настоящее время тестирование недоступно.

В случае наличия открытых тестов, чат-бот предлагает студенту начать тестирование. Процесс тестирования происходит следующим образом: чат-бот последовательно отправляет вопросы, на которые студент должен ответить. После получения ответа на каждый вопрос система автоматически подсчитывает баллы за правильные ответы и записывает их в переменную «Ответы\_Сумм». Это позволяет в конце теста предоставить студенту обратную связь в виде набранных баллов.

Дополнительно, с каждым ответом студента система сохраняет выбранный вариант ответа. Это предоставляет преподавателю возможность анализировать ответы каждого студента, что может быть полезно для оценки понимания материала студентами и адаптации учебных материалов в соответствии с потребностями курса. Такой подход не только способствует более эффективному обучению, но и обеспечивает более глубокое взаимодействие студентов с учебным процессом.

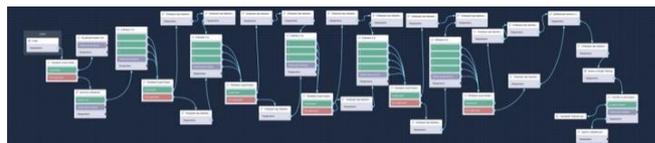


Рис. 3. Сценарий: Тестирование

В сценарии «Редактирование теста» преподавателям предоставляется возможность адаптировать и обновлять вопросы в тестах, что является ключевым аспектом поддержания актуальности и релевантности учебного материала. Процесс начинается с того, что

преподаватель заходит в чат-бот и нажимает на кнопку «Редактировать тест». Это действие перенаправляет его непосредственно в сценарий редактирования.

В данном сценарии преподаватель может последовательно вносить изменения в вопросы теста. По завершении ввода каждого вопроса система автоматически сохраняет внесенные изменения.

После сохранения всех изменений, обновленные вопросы заменяют существующие в тесте, обеспечивая тем самым обновление тестового материала.

Такая функциональность позволяет преподавателям быстро и эффективно адаптировать тесты к изменяющимся учебным требованиям и обеспечивать студентам актуальные и проверенные задания для оценки их знаний. Это делает учебный процесс более гибким и адаптированным к нуждам как учащихся, так и преподавателей.

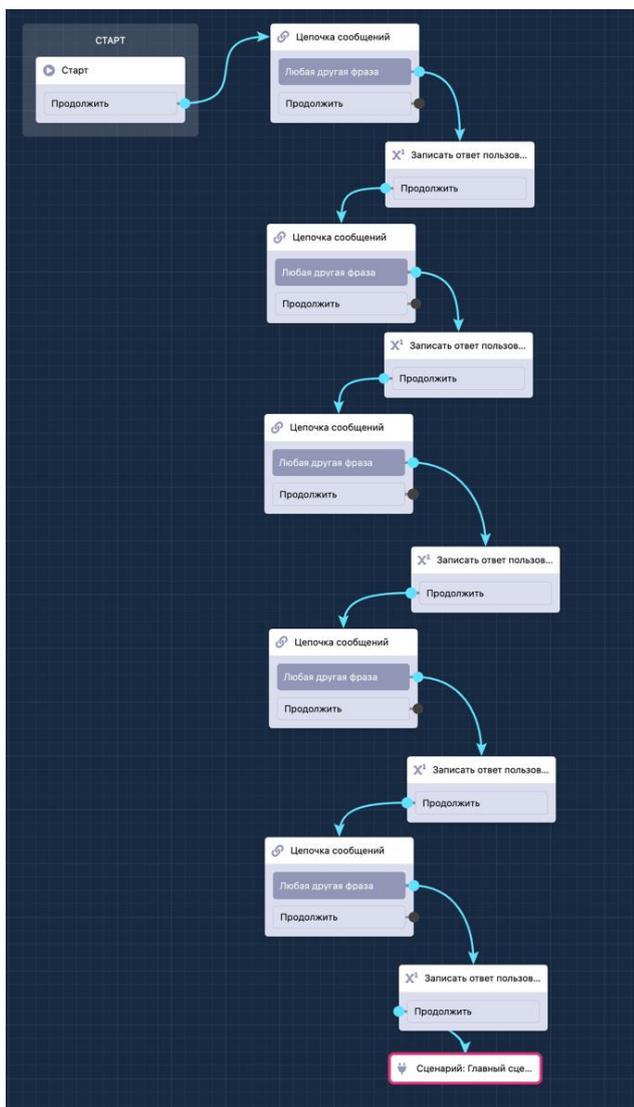


Рис. 4. Сценарий: Редактирование теста

## VII. РЕЗУЛЬТАТЫ

Функция отображения результатов теста в платформе LeadTex предусматривает комплексное и удобное представление данных о производительности студентов. После завершения тестирования, результаты каждого участника автоматически записываются в Excel-таблицу,

доступ к которой преподаватели могут получить непосредственно через чат-бот.

В таблице отображаются следующие данные:

ФИО участников теста: позволяет преподавателям легко идентифицировать студентов.

Telegram аккаунты: обеспечивает возможность связаться с учащимися напрямую в случае необходимости обсудить результаты или предоставить дополнительные материалы.

Оценки: отражают уровень освоения материала студентами, что является ключевым показателем их успеваемости.

Дата прохождения теста: важный элемент для отслеживания активности студентов и их участия в учебном процессе.

Ответы на каждый вопрос: предоставляют детальное представление о том, какие аспекты материала были усвоены студентами, а какие требуют дополнительной работы.

Такой подход не только упрощает процесс оценки и анализа успеваемости студентов, но и способствует более эффективному планированию учебных мероприятий и корректировке учебных планов в соответствии с потребностями и возможностями студентов.

Группа студента	ИД студента	Имя	Telegram	Оценка	Дата создания	1 вопрос	2 вопрос	3 вопрос	4 вопрос	5 вопрос	Порядок
375	Кашинцев Анатолий Сергеевич	@M5ny	5	2024-03-23 9:48:18	2	1	3	4	3	1	
372	Лавренко Елена Сергеевна	@ladyolka	4	2024-03-23 9:48:21	2	1	3	4	1	2	
375	Астафьева Анастасия Игоревна	@nikolaka	4	2024-03-23 9:49:31	2	1	3	4	1	3	
323	Косово Анастасия Романовна	@nicolay1	4	2024-03-23 9:49:45	1	1	3	4	3	4	
370	Велика Анастасия Павловна	@Molotnoshchikova	4	2024-03-23 9:50:00	2	1	1	4	3	5	
371	Григорук Анастасия Валерьевна	@na13	3	2024-03-23 9:52:00	1	1	3	4	1	6	
374	Пронин Степан Дмитриевич	@Stepan_Pronin	4	2024-03-23 9:52:28	2	1	3	4	1	7	
323	Землянский Дмитрий Анатольевич	@DmitryTiger	5	2024-03-23 10:00:52	2	1	3	4	3	8	
374	Кривича Екатерина Петровна	@kate	5	2024-03-23 10:00:52	2	1	3	4	3	9	
372	Чернышова Екатерина Дмитриевна	@katechelnikova	4	2024-03-23 10:00:52	2	1	3	4	1	10	
371	Гелюхова Виктория Александровна	@Vika_geluyeva	3	2024-04-08 10:27:17	2	1	3	3	4	11	
Итого				4,08							11

Рис. 5. Результаты теста

## VIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интеграция чат-ботов в образовательный процесс высших учебных заведений представляет собой прогрессивную стратегию, которая значительно улучшает взаимодействие между преподавателями и студентами. Этот подход не только способствует экономии времени и ресурсов преподавателей, но и активизирует учебный процесс, повышая мотивацию студентов. Таким образом, использование чат-ботов может значительно повысить эффективность обучения и способствовать улучшению качества образования в целом. Это делает чат-боты ценным инструментом в арсенале современных образовательных технологий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Шумилина М.А., Коробко А.В. Разработка чат-бота на языке программирования python в мессенджере "telegram" // Научные известия. 8. 2022. С. 47-52.
- [2] Магоматов В.С. Платформы low-code и no-code как способ сделать программирование более доступным для широкой общественности // Международный научно-исследовательский журнал, №6 (108). С. 100-103.

# Применение веб-приложения для управления задачами в оптимизации рабочих процессов

Д. А. Голубев, А. М. Новосельцев, В. А. Гевондян

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

dagolubev@stud.etu.ru

**Аннотация.** Наше веб-приложение упрощает рабочий процесс команд разработчиков, предоставляя инструменты для управления проектами по методологиям Scrum и Kanban. С помощью приложения можно создавать доски задач, планировать спринты и распределять задания между участниками команды. Это улучшает координацию работы и помогает четче организовать процесс разработки, делая его более понятным для всех участников проекта. Внедрение этого инструмента способствует более гладкой и эффективной разработке программного обеспечения.

**Ключевые слова:** оптимизация рабочего процесса, task-management, scrum, kanban

## I. АКТУАЛЬНОСТЬ

В настоящее время на рынке информационных технологий наблюдается усиление конкуренции, заставляющее компании искать пути для ускорения и повышения качества поставок своих продуктов. Гибкие методологии разработки, включая Scrum и Kanban, стали общепринятыми стандартами в отрасли, что увеличивает спрос на инструменты, способные повышать их эффективность. Неорганизованные и плохо структурированные процессы разработки могут вызвать задержки в сроках выполнения проектов, неполную реализацию предполагаемых функций и разочарование клиентов. Таким образом, инструменты для оптимизации рабочих процессов становятся важными помощниками для разработчиков, подчеркивая значимость данного исследования в контексте современных методик разработки программного обеспечения.

## II. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ

Реализация программы была осуществлена в форме веб-приложения, что обеспечило удобный доступ и использование. Для создания программы был выбран язык программирования JavaScript, который позволяет разрабатывать интерактивные пользовательские интерфейсы, доступные через веб-браузеры. В качестве основного инструмента был использован фреймворк Vue.js, который облегчает процесс разработки за счет возможности создавать переиспользуемые компоненты и инструменты.

JavaScript также используется для реализации асинхронных запросов с помощью технологии AJAX, что позволяет обновлять контент страницы без необходимости ее полной перезагрузки. Для взаимодействия с серверной частью приложения применяется JavaScript, а на сервере используется библиотека Node.js. Это позволяет выполнять JavaScript-код на сервере и поддерживать единый язык

программирования как на клиентской, так и на серверной сторонах, упрощая разработку и обслуживание приложения.

## III. АВТОРИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ

При первом визите на сайт пользователь встретится с окном регистрации, где ему будет предложено создать учетную запись в системе. Это требует ввода личных данных для идентификации. После успешной регистрации, при последующих посещениях сайта, пользователю потребуется проходить процедуру авторизации. Для входа в систему нужно будет указать свои учетные данные – логин и пароль (рис. 1). Это обеспечивает безопасный доступ к пользовательским данным и функциям системы.



Рис. 1. Окно авторизации пользователя

## IV. ОСНОВНОЕ МЕНЮ

После входа в систему пользователь переходит в главное меню (рис. 2), которое служит основным интерфейсом для управления проектами. Этот интерфейс разработан таким образом, чтобы пользователям было удобно создавать, управлять и настраивать свои проекты.

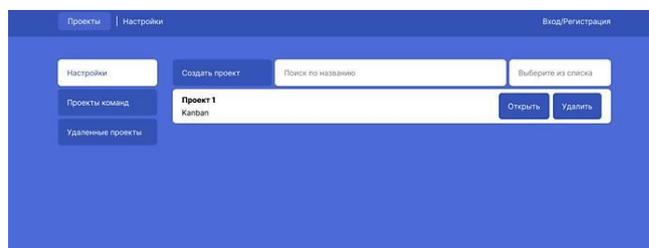


Рис. 2. Окно главного меню

В главном меню пользователь может выбрать опцию «Создать проект». При этом открывается модальное окно (рис. 3), где необходимо ввести название нового проекта и выбрать методологию управления проектом – Kanban или Scrum. После заполнения данных и подтверждения, проект создается, и пользователь может приступить к его дальнейшей настройке и управлению.

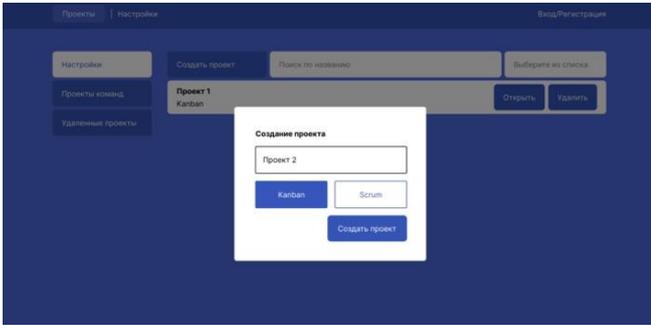


Рис. 3. Модальное окно создания проекта

## V. ПРИМЕР УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ KANBAN

В данном примере интерфейс программы организован в виде Kanban-доски, состоящей из трёх основных столбцов, каждый из которых представляет различные этапы выполнения задач (рис. 4). Эти столбцы позволяют визуально отслеживать процесс работы над проектом:

**Очередь:** Этот столбец включает задачи, которые еще не начаты. Здесь могут находиться все планируемые задачи, ожидающие своей очереди на выполнение.

**В работе:** В этом столбце размещаются задачи, которые в данный момент активно решаются командой. Это помогает отслеживать активные процессы и управлять загрузкой ресурсов.

**Готово:** Задачи, которые были успешно завершены, переносятся в этот столбец, отмечая их готовность к следующим этапам использования или релизу.

Пользователи могут легко перетаскивать задачи между этими столбцами, что обеспечивает наглядное и удобное отслеживание прогресса по каждой задаче. Это упрощает контроль за выполнением работ и помогает поддерживать чёткость в распределении задач.

Кроме того, программа предоставляет возможность настройки названий столбцов, чтобы они соответствовали уникальным потребностям и рабочим процессам команды. Например, может быть добавлен дополнительный столбец «Проверка», который будет включать этапы тестирования и проверки качества, что позволяет дополнительно адаптировать доску под специфические требования проекта.



Рис. 4. Окно взаимодействия с доской Kanban

После выбора пользователем конкретного действия, ассистент предлагает ввести вопрос, начиная с запроса: «Что вас интересует?» Это открывает поле для ввода, где пользователи могут задать свои вопросы, например, о сроках приема документов для поступления в магистратуру.

Ассистент обрабатывает запрос и предоставляет ответ, который не только точен, но и максимально приближен к натуральному человеческому общению. В данном случае, пользователю предоставляются точные даты окончания приема документов для различных категорий кандидатов, что демонстрирует высокую степень адаптации и персонализации поддержки, предоставляемой системой.

Эта система предоставляет превосходную возможность для беспрепятственного и интуитивно понятного общения между пользователем и ассистентом, что улучшает общий пользовательский опыт и делает процесс взаимодействия более эффективным и приятным.

## VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для связи Telegram с системами OpenAI используется ряд внешних сервисов, таких как leadtex.ru и make.com.

Разработка программного обеспечения представляет собой сложный процесс, который требует чёткой организации и управления. В современной индустрии всё чаще прибегают к гибким методологиям разработки, таким как Scrum и Kanban. Эти методики демонстрируют растущую популярность благодаря своей способности предоставлять гибкость и повышать прозрачность процессов. Они позволяют командам адаптироваться к изменениям, эффективно реагировать на потребности проекта и улучшать коммуникацию между участниками. Таким образом, внедрение гибких методологий существенно способствует повышению качества и скорости разработки программных продуктов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Леонтьев, С.М. Применение Agile-подходов в оптимизации производственных процессов: гибкость в действии // Вестник магистратуры. 2023, №8, с. 53-55.
- [2] Язгельдыев Ш., Гурбанмырадов Б., Гапуров А. Исследование средств создания веб-приложений на клиентской и серверной сторонах // Международный научный журнал «Вестник науки». 2024, №3, т. 5, с. 540-543.

# Автоматизация распознавания дорожных знаков с применением алгоритмов, основанных на искусственных нейронных сетях

Д. Ш. Дашкин, А. А. Артамонов, Е. А. Пекло

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

damir.dashkin@gmail.com

**Аннотация.** Дорожные знаки играют неотъемлемую роль для автономных автомобилей, поскольку они помогают интеллектуальной системе соблюдать основные правила дорожного движения, помимо обеспечения безопасного автономного движения для водителей, проложенного с учетом всех дорожных знаков на пути. За последние годы появилось множество новых алгоритмов. В этой статье мы использовали новую систему обнаружения объектов YOLOv8, которая помогает нам обнаруживать дорожные знаки, поскольку она намного быстрее и точнее, чем ее предыдущие версии. Цель данного доклада заключается в разработке и тестировании алгоритмов для распознавания дорожных знаков, что позволит повысить эффективность разработки автономных транспортных средств.

**Ключевые слова:** распознавание дорожных знаков; глубокое обучение; автономное транспортное средство

## I. ВВЕДЕНИЕ

Дорожная инфраструктура и связь постоянно развиваются по всему миру. С повышением удобства подключения к интернету количество транспортных средств на дорогах также неуклонно растет, из-за чего за последние несколько лет увеличивается количество заторов и других инцидентов, связанных с безопасностью дорожного движения. Существуют правила и предписания для решения этих проблем, такие как дорожные знаки, дорожная полиция и т. д.

Дорожные знаки имеют решающее значение для обеспечения безопасности и координации движения на дорогах во время движения. Существует множество дорожных знаков, и каждый из них представляет собой нечто существенно отличающееся от других, например, светофоры, знаки парковки, знаки «Стоп» и «въезд запрещен», а также знаки перехода через «зебру». Каждый знак играет очень важную роль в обеспечении общей безопасности дорожного движения. Раньше речь шла только о том, чтобы обучать водителей знакам, чтобы они могли следовать этим знакам и соблюдать правила, обеспечивающие плавное вождение.

Но в связи с растущим количеством на рынке автоматизированных транспортных средств с автоматическим приводом, автопилотом и системой помощи водителю обучение только водителей не является единственным методом обеспечения безопасности [1]. Теперь система также должна быть оснащена моделями для быстрого и точного обнаружения знаков в режиме реального времени. В настоящее время в этих системах визуализации и

обнаружения существует множество проблем, связанных с безопасностью, которые требуют постоянных исследований [2].

Это исследовательское исследование фокусируется на различных функциональных возможностях модели обнаружения и в зависимости от их функциональности, дорожные знаки могут быть разделены на различные категории. В каждой категории есть несколько подкатегорий со схожими формами и размерами, но разными назначениями. Таким образом, это дает нам представление о том, что обнаружение дорожных знаков на самом деле представляет собой двухэтапный процесс, где обнаружение является первым шагом, а классификация – вторым. Этап обнаружения помогает идентифицировать поле привязки знака, а этап классификации относит его к соответствующей категории, если оно присутствует.

В последние годы расширяется использование моделей глубокого обучения и сверточных нейронных сетей (СНС). Это помогает улучшить и усовершенствовать процесс создания моделей обнаружения объектов в режиме реального времени, поскольку СНС способны извлекать характеристики изображений и классифицировать их с высокой степенью точности.

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В контексте развития автономных автомобилей, где распознавание дорожных знаков играет критическую роль в обеспечении безопасности и эффективности движения, возникает необходимость в использовании искусственных нейронных сетей для разработки программного обеспечения. Это позволит эффективно распознавать дорожные знаки и оптимизировать принятие решений автономными автомобилями в реальном времени. В этом контексте ставятся следующие задачи:

- анализ используемой в работе модели YOLOv8, оценка ее сильных и слабых качеств, выработка нужной стратегии для наибольшей эффективности выбранной модели;
- формирование датасета: тренировочного, валидационного и тестового наборов данных;
- обучение нейронной сети на наборах данных, тюнинг гиперпараметров для достижения наилучшей производительности;

- анализ полученных результатов обученной нейронной сети;
- проведение тестирования разработанной нейронной сети.

Эти задачи ставятся перед командой разработчиков с целью создания программного обеспечения, способного значительно улучшить процесс автоматизации распознавания дорожных знаков.

### III. ПРЕДЛОЖЕННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Дорожные знаки имеют решающее значение для обеспечения безопасности и координации движения на дорогах во время движения. Существует множество дорожных знаков, и каждый из них представляет собой нечто существенно отличающееся от других, например, светофоры, знаки парковки, знаки «Стоп» и «въезд запрещен», а также знаки перехода через «зебру». Каждый знак играет очень важную роль в обеспечении общей безопасности дорожного движения. Раньше речь шла только о том, чтобы обучать водителей знакам, чтобы они могли следовать этим знакам и соблюдать правила, обеспечивающие плавное вождение.

#### A. Формирование датасета

Набор данных включает в себя некоторые из наиболее часто используемых дорожных знаков, которые используются ежедневно. Набор данных включает изображения всех трех сигналов светофора, а также изображения различных знаков ограничения скорости, остановки и т. д. Датасет в общем включает в себя 15 классов изображений и разделен на три неравные части: 3530/801/638 изображений для тренировочного, валидационного и тестового наборов данных соответственно. Всего в датасете содержится 4969 изображений.

#### B. Предобработка

Предварительная обработка включает в себя изменение размера изображения, при котором оно приводится к стандартному размеру, нормализацию значений в пикселях для обеспечения согласованности и добавление аннотаций к ограничивающему прямоугольнику и меткам классов для изображения.

Из обучающего набора данных извлекаются все необходимые характеристики, и затем модель обучается с помощью модели YOLOv8. После обучения данные корректируются и фильтруются, чтобы устранить некоторые неточности, а затем тестируются с помощью тестового набора данных для получения выходных данных.

#### C. Модель YOLOv8

YOLOv8 состоит из сверточной нейронной сети, которая разбивает изображение на сетку и определяет ограничивающие рамки и класс объектов во всех ячейках сетки одновременно.

Эта модель включает в себя так называемый «блок привязки». Он используется для повышения точности изображений разных форм и размеров. Модель YOLOv8 так же включает в себя различные подходы, например, пирамидальные сети, что значительно повышает производительность и точность. Общая архитектура YOLOv8 представлена на рис. 1.

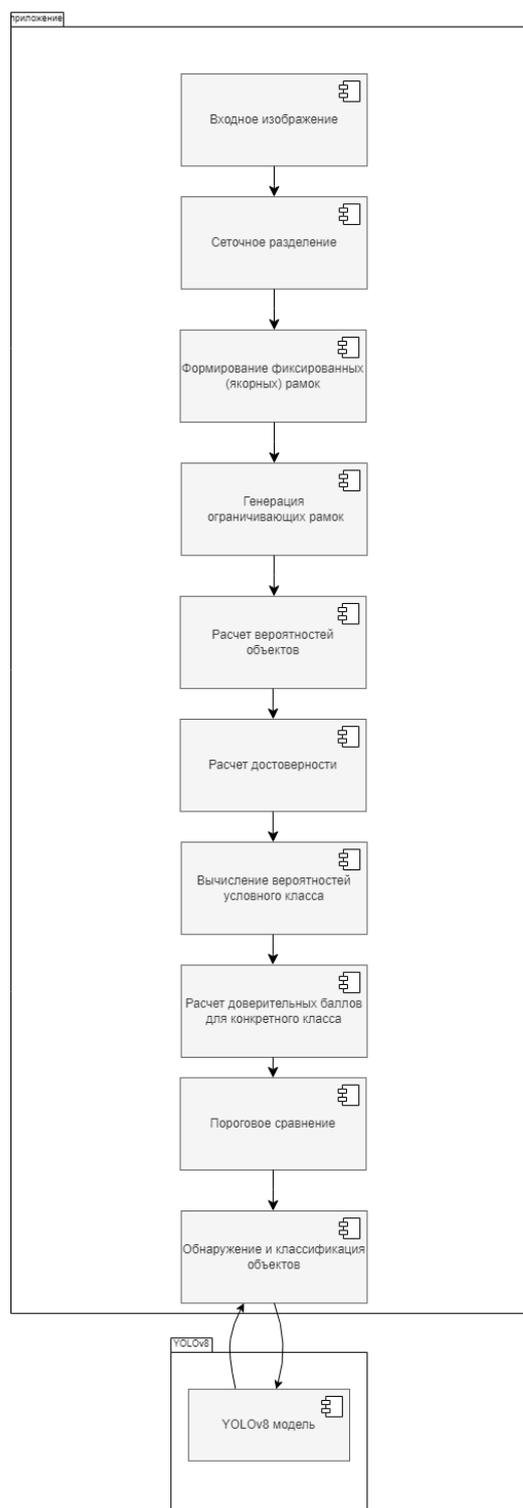


Рис. 1. Архитектура модели YOLOv8

### IV. РЕЗУЛЬТАТЫ

Набор данных содержит в общей сложности 15 различных категорий дорожных знаков, разделенных на 71/16/13, которые включают 3530 обучающих изображений, 801 валидационное изображение и 638 тестовых изображений.

Модель YOLO была обучена на устройстве с процессором Intel core i7-10700 H, 32 ГБ оперативной памяти и графическим процессором Nvidia RTX 2070.

class	mAP	mAP50-95	Recall	Precision
all	0.933	0.804	0.863	0.926
green light	0.874	0.513	0.755	0.913
red light	0.713	0.458	0.589	0.874
speed limit 10	0.913	0.724	0.667	0.755
speed limit 100	0.985	0.878	0.949	0.936
speed limit 110	0.881	0.777	0.81	0.964
speed limit 120	0.983	0.893	0.977	0.936
speed limit 20	0.978	0.9	0.957	0.946
speed limit 30	0.943	0.884	0.883	0.935
speed limit 40	0.983	0.879	0.962	0.939
speed limit 50	0.916	0.828	0.88	0.879
speed limit 60	0.965	0.884	0.906	0.931
speed limit 70	0.93	0.842	0.864	0.958
speed limit 80	0.979	0.88	0.94	0.935
speed limit 90	0.951	0.772	0.803	1
stop	0.995	0.94	1	0.993

Рис. 2. Оценка эффективности работы

### А. Оценка производительности

Тремя основными параметрами оценки производительности модели являются точность (precision), полнота (recall) и средняя точность (mAP). Их совокупность позволяет в полной мере оценить эффективность алгоритма.

Точность сообщает нам, насколько точна наша модель, т. е. насколько алгоритм способен обнаруживать объект, соответствующий требованиям. Следовательно, это соотношение между истинно положительными и общим количеством предсказаний (что эквивалентно сумме истинно положительных и ложно положительных результатов), сделанных моделью.

Полнота показывает нам, насколько хорошо модель «заполняет» классы из изображений, т. е. сколько из общего числа объектов класса модель смогла обнаружить.

Средняя точность является ключевым показателем производительности, который пытается устранить зависимость выбора одного порогового значения достоверности и определяется как область под кривой PR. Средняя точность обладает линейной зависимостью как от точности, так и от полноты. mAP рассчитывается путем взятия среднего значения AP по всем рассматриваемым классам. На рис. 3 можно пронаблюдать PR-кривые для нашего исследования. Синим выделена кривая для всех классов, и соответственно площадь под ней и является mAP нашей задачи.

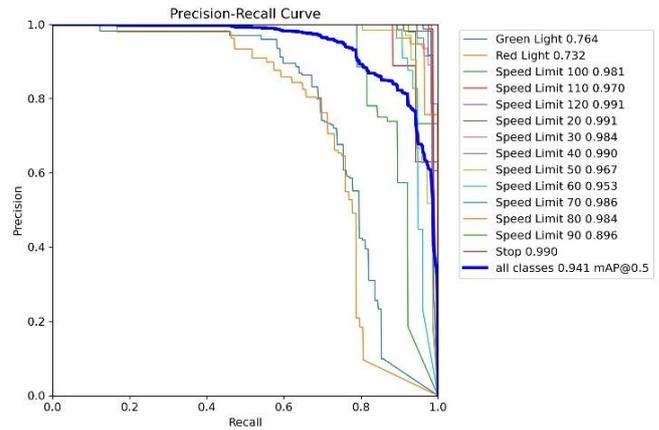


Рис. 3. PR-кривые

### В. Результаты

Датасет был обучен при помощи модели YOLOv8. После обучения общая точность составила 0.933. На рис. 4 представлены значения данных, сгенерированных после обучения набора данных с использованием модели YOLOv8.

### В. ВЫВОДЫ

Алгоритм YOLOv8 используется в данном исследовании с целью обнаружения и классификации дорожных знаков. Анализ результатов эксперимента позволяет предположить, что достоверность распознавания дорожных знаков определяется размером набора данных в рамках одной и той же алгоритмической модели, а именно YOLOv8. Повышенная скорость классификации и распознавания достигается за счет увеличения объема данных и оптимальной настройки параметров. Это исследование показало, что путем точной настройки модели и параметров с использованием одного и того же набора данных можно повысить производительность и стабильность модели, а также улучшить распознавание дорожных знаков. Кроме того, это исследование также продемонстрировало, что небольшие наборы данных могут использоваться для упрощенных моделей классификации дорожных знаков. Будущая работа может включать разработку более точной модели с большим количеством категорий дорожных знаков, которая больше подходит для российских дорожных знаков.

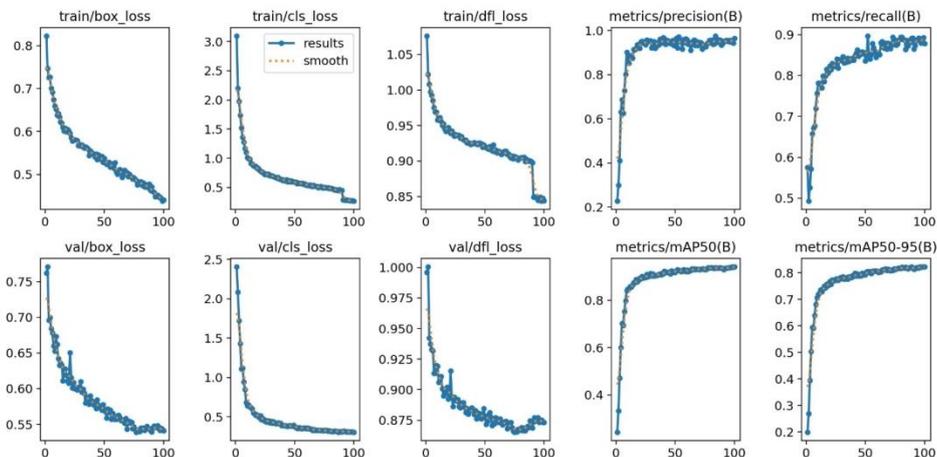


Рис. 4. График обучения

#### БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаем благодарность нашему научному руководителю Костичеву Сергею Валентиновичу, кандидату технических наук за важные советы при поиске материала и рекомендации по оформлению статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Rohit R.V.S., Chandrawat D., Rajeswari D. Smart Farming Techniques for New Farmers Using ML. Florida: LNNS, 2021. 177 с.
- [2] Malik, S., Khan, M. A., & El-Sayed, H. Collaborative autonomous driving — A survey of solution approaches and future challenges. Washington: WSU, 2020. 377 с.
- [3] Андриянов Н.А., Дементьев В.Е., Ташлинский А.Г. Обнаружение объектов на изображении: от критериев Байеса и Неймана–Пирсона к детекторам на базе нейронных сетей EfficientDet. Текст: электронный. URL: KO/PDF/KO46-1/460117.pdf
- [4] Николенко С. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. Николенко, А. Кадурич, Е. Архангельская. Санкт-Петербург: Изд-во «Питер», 2018. 480 с. Текст: непосредственный.

# Роботизированная система обработки лопаток колёс гидромашин

Е. И. Елисеев, И. В. Ильин, А. Дмитриев, И. Мазуро, П. Ребдев, Д. Симоненко

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

emelrobot@yandex.ru

**Аннотация.** В наше время значительное количество электроэнергии вырабатывается ГЭС. Это экологичный и возобновляемый источник электроэнергии. В России более 100 гидроэлектростанций и все они не могут обойтись без главного элемента – турбины. Однако, на данный момент обработка крупногабаритных литых изделий производится вручную и имеет массу недостатков: невысокая точность, длительность обработки, влияние человеческого фактора и вред здоровью рабочих. Поэтому данный проект направлен на разработку автоматизированного интеллектуального комплекса, который увеличит качество и скорость обработки, заменит ручной труд и будет экономически выгоден предприятию.

**Ключевые слова:** робот-манипулятор; фрезерная обработка; ПЛК; САМ системы; турбины гидромашин; лазерный дальномер; Raspberry Pi; Python; K-IDE; Codesys; Kawasaki

## I. ВВЕДЕНИЕ

Промышленные роботы находят всё более широкое применение, заменяя человека на участках с опасными, вредными для здоровья, тяжёлыми или монотонными условиями труда. [1] Заказчиком была поставлена задача (в формате технического задания) (далее ТЗ) создать автоматизированный робототехнический комплекс по обработке литых лопаток колёс гидромашин с заданными свойствами. На момент постановки ТЗ обработка производилась ручным трудом, что имело множество недостатков: невысокая точность (допуски  $\pm 0.5$  мм), длительность обработки, влияние человеческого фактора и плохие условия для рабочих. Поэтому возникла необходимость улучшения этого этапа производства. Предприятие уже рассматривало создание робототехнического комплекса. В нём использовались 3d сканер и робот-манипулятор с фрезерующим инструментом. Стоимость внедрения данного решения превышала 65 млн рублей. Точность также была на высоте (допуски  $\pm 0,1$  мм). Но, несмотря на хорошую точность, время обработки было неудовлетворительным из-за его потери на сканирование детали. Поэтому задача заключалась в получении точности в 0,1 мм при минимальном времени обработки и затратах менее 65 млн руб.

## II. РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР С ФРЕЗЕРУЮЩИМ ИНСТРУМЕНТОМ. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

В ходе решения поставленной задачи были рассмотрены 3 метода обработки литых деталей:

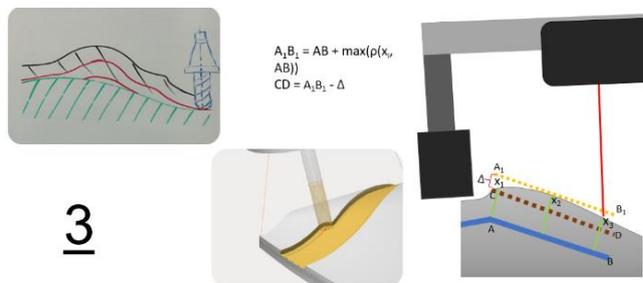


Рис. 1. Проектный метод

1. Прохождение параллельно идеальной траектории. В этом методе робот несколько раз производит обработку, каждый цикл приближаясь к идеальной траектории (траектории, при которой робот не будет срезать с идеальной расчётной детали материал) (далее ИТ) и двигаясь со скоростью, удовлетворяющей технологиям фрезерной (шлифовальной) обработки металлических изделий. Данный метод при своей простоте реализации занимает много времени, потому что до 90 % траектории робот работает в холостую, не производя обработку.
2. Предварительное 3d-сканирование – метод, разработанный предприятием. Основу данного метода составляет процесс 3d-сканирования литой детали. После этой операции оператор получает цифровую копию реальной детали и в специальной САМ системе, например, SprutCam, задаёт траекторию обработки. В данном способе большую по продолжительности часть занимает сканирование. Также для сканирования необходимы квалифицированный персонал и обслуживание.
3. Разработанный метод. В ходе работы над проектом был разработан метод обработки, использующий компоненты: робот-манипулятор с фрезерным инструментом и лазерный дальномер. Получение данных об отклонении поверхности реальной детали от ИТ происходит во время обработки. Комплекс за несколько обработочных тактов знает о количестве лишнего материала и производит смещение траектории, исходя из этих данных (рис. 1).

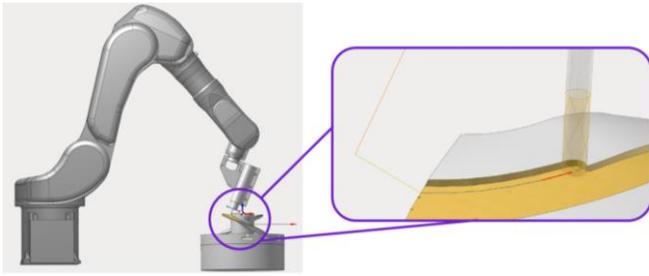


Рис. 2. Роботизированный комплекс

### III. АНАЛОГИ. ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК

В ходе работы над проектом был проведён патентный поиск. Среди аналогичных задач по обработке деталей роботом-манипулятором был выделен патент от Boeing. [2] Было определено, что данное изобретение относится к области абразивной обработки и может быть использовано при шлифовании поверхностей объектов в аэрокосмической, автомобильной и др. отраслях промышленности, но не подходит для обработки лопастей колёс гидромашин.

### IV. РАЗРАБОТКА СТЕНДА. МОДЕЛИРОВАНИЕ

На данной стадии работы над проектом разрабатывались и моделировались элементы комплекса: кронштейн крепления имитации фрезерного оборудования (бормашины) и лазерного дальномера; 3d-модель поворотного стола и тестовой детали; крепление шагового двигателя, отвечающего за позиционирование детали. После изготовления этих деталей с помощью 3d-принтера и сборки стендового комплекса, комплекс был оцифрован в программе SprutCam, где была написана программа ИТ (рис. 2).

### V. РАЗРАБОТКА СТЕНДА. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПЛК И РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА

Для получения данных с лазерного дальномера, их обработки и передачи роботу-манипулятору использовался ПЛК на Raspberry Pi 4. Программа для ПЛК была написана в среде программирования Codesys. Алгоритмы работы ПЛК и робота приведены на рис. 3. Во время написания программы для Raspberry Pi были решены следующие задачи: изучение и написание дешифратора протокола обмена данных между лазерным дальномером и ПЛК по RS-232, подключённым физически к COM-порту Raspberry; математическое описание входных данных, их обработка и передача роботу по протоколу Ethernet. В робот-манипулятор загружалась программа, имеющая в себе перемещение по ИТ и команды изменения траектории, в зависимости от полученных с ПЛК данных.

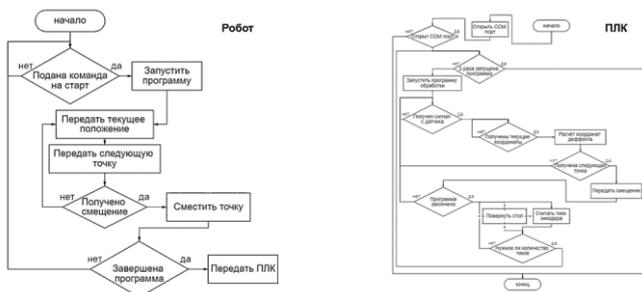


Рис. 3. Алгоритмы работы робота-манипулятора и ПЛК

## VI. РАЗРАБОТКА СТЕНДА. ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА AS CONVERTER

Для упрощения переноса программы следования по ИТ из SprutCam в среду программирования робота-манипулятора Kawasaki K-IDE была написана на языке программирования Python программа ASconverter. Она позволяет преобразовать программу из SprutCam в K-IDE, при этом добавляя команды, необходимые для принятия и исполнения команд с ПЛК.

## VII. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

ТАБЛИЦА I. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

	Текущий вариант	Робот и 3d-сканер	Наш вариант
Допуски, мм	0,5	0,1	0,1
Стоимость внедрения, млн. руб.	–	65	35
Время работы/шт., чел. час.	128	190	~78

В табл. 1 приведены результаты экономического расчёта, исходящего из данных, полученных от производства, а также в результате экономической оценки нашего решения. Как можно заметить, разработанный нами комплекс является экономически более выгодным.

## VIII. БУДУЩЕЕ ПРОЕКТА

Возможные способы дальнейшего развития проекта:

1. Добавление функции смены инструмента.
2. Режим наплавления материала в местах с дефектами отливки.
3. Разработка программы для норма-контроля.

Также была рассмотрена возможность предложения данного проекта предприятиям, занимающимся производством турбин гидромашин с помощью литья.

## IX. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы была разработана и протестирована автоматизированная интеллектуальная система обработки гидротурбинных лопаток. Данное решение отвечает всем требованиям ТЗ Заказчика, является конкурентно способным и встраиваемым в текущий технологический процесс.

Данный проект был выполнен в образовательном центре «Сириус» на программе «Большие Вызовы» при партнёрстве ФГАОУ ВО «УрФУ» и АО «Уралгидромаш».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: Справочник. М.: Машиностроение, 1983. 376 с.  
URL: <http://roboticslib.ru/books/item/f00/s00/z0000017/index.shtml>
- [2] <http://allpatents.ru/patent/2509681.html>

# Проектирование информационной системы для инвалидов, пенсионеров и маломобильных граждан

А. Ю. Жук, Д. С. Плесовских, И. Ю. Карпий

Факультет компьютерных технологий и информатики  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

anechka.zhuck@yandex.ru

**Аннотация.** Цель статьи – проектирование информационной системы для людей с ограниченными возможностями, пенсионеров и маломобильных граждан. В данной статье мы рассмотрим статистику ответов конечных пользователей, изучим существующие приложения-аналоги и сравним с проектируемой информационной системой. Проектирование включает: определение бизнес-требований, пользовательских, функциональных и нефункциональных, проектирование ER-диаграммы и создание прототипов будущего приложения.

**Ключевые слова:** информационная система, бизнес требования, пользовательские требования, функциональные требования, нефункциональные требования, база данных, интерфейс

## I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время появляется всё больше особенных людей: слепые и слабовидящие, глухие и слабослышащие, растёт количество людей с расстройствами аутистического спектра и других людей с ограниченными возможностями. Также к категории граждан, которым необходима помощь других людей относятся пожилые пенсионеры, маломобильные граждане, в том числе люди с избыточным или критическим весом. Многим из них тяжело справиться с повседневной жизнью, которую диктует современность. Оплата покупок в магазине, общение с окружающими и даже простая прогулка для них является большой проблемой.

Мы живем в мире, где всё очень быстро меняется, постоянно появляются новые технологии, с которыми люди пожилого возраста не могут справиться самостоятельно, а родные и близкие не всегда имеют возможность прийти на помощь. Посещение магазинов и различных социальных и культурных учреждений для таких граждан тоже проблема. Некоторые не могут выйти из-за боли в ногах, постоянной отдышке при ходьбе, иногда из-за плохих погодных условий. Справиться с решением данных проблем могут люди, которые любят помогать – волонтеры.

Рассмотрев вышеперечисленные аспекты, было принято решение спроектировать приложение, которое позволит пользователю получать необходимую помощь, а волонтеру предоставить её. Человек может получить необходимое всего за пару кликов. Считаю, что данное приложение упростит жизнь людям, которые не могут

обходиться без посторонней помощи и позволит сделать их быт, возможность социализации и жизнь в целом лучше.

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для того, чтобы проектируемая ИС была более адаптирована под нужды конечного пользователя было проведено интервью в учреждении для пожилых граждан г. Белоярский «Милосердие». На основе ответов на вопросы была определена основная функциональность и наполнение проектируемой ИС.

После исследования было принято решение провести анализ существующих приложений аналогов и сравнить проектируемое приложение с ними.

На основе полученных данных было выявлено, что приложение является уникальным в России и такого продукта на рынке больше нет, кроме того есть ряд особенностей приложения, которые выделяют его среди других, например, возможность бронирования льготных билетов на мероприятия различных категорий.

Таким образом, было выделено три актора, для каждого из которых будет спроектировано приложение с разными функциональными возможностями.

## III. РАЗРАБОТКА БИЗНЕС-ТРЕБОВАНИЙ И ПРАВИЛ

Было определено три актора: конечный пользователь, волонтер и организация. Каждый из акторов имеет свои возможности в системе, которые схематически отображены на рис. 1.

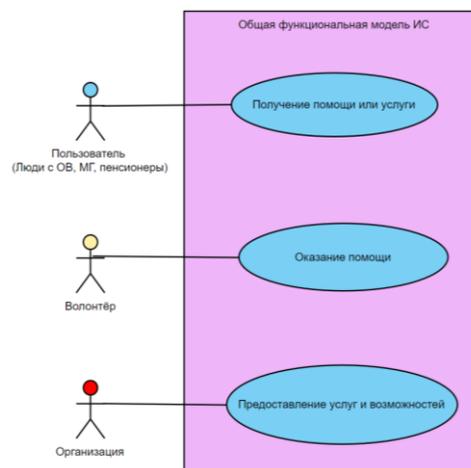


Рис. 1. Общая функциональная модель ИС

В дальнейшем каждый вариант использования был детализирован и рассмотрен более подробно. Детализация диаграммы варианта использования «Получение помощи или услуги» представлена на рис. 2.



Рис. 2. Детализация ВИ «Получение помощи или услуги»

Далее для каждого варианта использования были описаны бизнес-правила, которые определили наполнение сущностей и дополнительные возможности системы и особенности её поведения в различных ситуациях.

В частности, для варианта использования «Регистрация/авторизация в системе» были описаны следующие бизнес-правила:

- Для регистрации в системе пользователь должен предоставить следующие сведения:
  - ФИО
  - дата рождения
  - адрес проживания
  - номер телефона
  - пароль

- Для авторизации в системе пользователь должен ввести обязательные данные номер телефона и пароль.
- Пароль пользователя должен быть не менее 4 символов и содержать цифры.
- Зарегистрироваться в системе должен иметь возможность любой гражданин совершеннолетнего возраста.
- Пользователь может восстановить свой пароль, если он его забыл.

Детализация диаграммы ВИ «Регистрация/авторизация в системе» представлена на рис. 3.

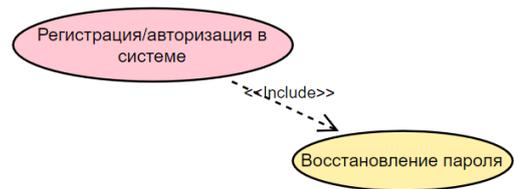


Рис. 3. Детализация ВИ «Регистрация/авторизация в системе»

Для двух других акторов были также детализированы варианты использования и описаны бизнес-правила.

#### IV. РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Следующим этапом были описаны пользовательские требования, по ним созданы BPMN-диаграммы для проверки правильно построенной работы бизнес-процессов.

Было описано около 26 вариантов использования проектируемой ИС. Для каждого из них было составлено около 20 BPMN-диаграмм.

BPMN-диаграммы бизнес-процесса регистрации представлена на рис. 4.

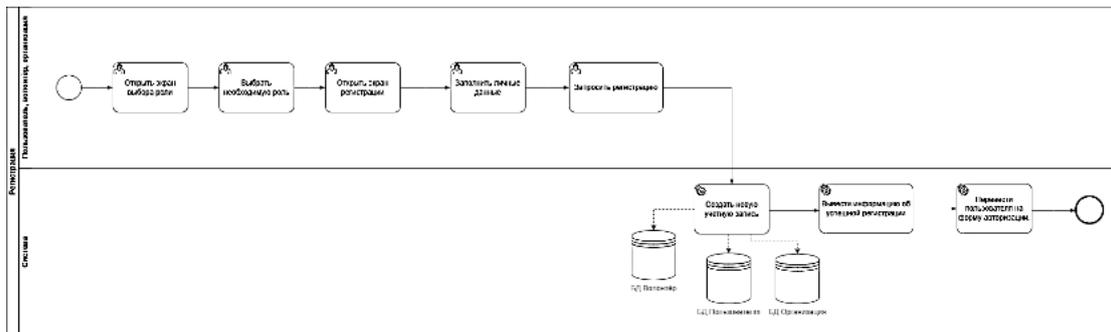


Рис. 4. BPMN-диаграмма бизнес-процесса регистрации

Таким образом, описанные варианты использования предоставили подробное описание функциональных возможностей системы, а BPMN-диаграммы дали возможность выявить в них уязвимые места, которые сразу же были устранены. Это позволило спроектировать устойчивую информационную систему к нетипичному поведению пользователя.

#### V. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И НЕФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ

После описания пользовательских требований были описаны функциональные и нефункциональные требования к системе.

В итоге получился следующий список функциональных требований (представлена часть требований):

1. Авторизация должна быть с использованием двухфакторной аутентификации:
  - двухфакторной аутентификации для всех пользователей, особенно при выполнении операций, связанных с финансовыми данными или личной информацией.
  - Пользователь должен получать код подтверждения в СМС для завершения авторизации.

2. Должна быть возможность восстановления пароля:

- Система должна отображать пользователю кнопку «Забыли пароль?» с последующим переходом на форму восстановления пароля.

3. В системе должна быть возможность выбрать дату и время помощи в форме заявки.

4. В приложении, в заявке на помощь у каждой категории должно быть краткое пояснение, которое будет предлагать примеры помощи по данной категории.

5. Система должна иметь функционал прикрепления ссылки к кнопке на звонок в другой системе – Яндекс.Телемост.

6. Система должна иметь возможность отображать детальную информацию о заявке помощи.

7. Система должна поддерживать возможность выбора типа автомобиля и передавать эту информацию другой системе – Яндекс.Go.

8. В приложении должен быть реализован поиск мероприятий, по ключевым словам, (с учетом словоформ) и по проставляемым пользователем тэгам.

Также были описаны нефункциональные требования, в них входили:

1. Требования к технологическому стеку.
2. Требования к численности и квалификации пользователей системы.
3. Требования к производительности.
4. Требования к надежности.
5. Требования безопасности.
6. Требования к переносимости.
7. Требования к интегрируемым системам.

## VI. РАЗРАБОТКА ЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ БД

Следующая задача – разработка структуры БД. Структура БД была спроектирована в виде ER-диаграммы и представлена на рис. 5.

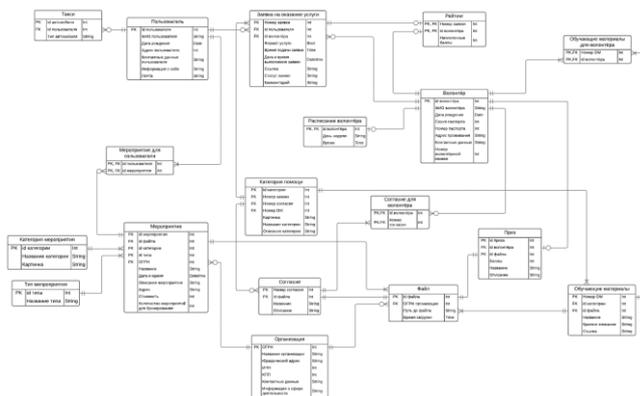


Рис. 5. ER-диаграмма базы данных

Было выделено 17 сущностей со своими атрибутами.

В логической структуре у каждой сущности были определены первичные и внешние ключи, также осуществлена реализация связи многие ко многим с помощью промежуточной таблицы.

Для каждого атрибута сущности был описан тип данных, который он хранит, максимальный размер поля,

при котором БД будет работать и не переполнится, а также были определены обязательные поля, без которых сущность не должна существовать.

## VII. ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Следующим и заключительным этапом проектирования было прототипирование интерфейса пользователя. Были реализованы все основные экраны приложения для каждой категории пользователя.

При первом входе в приложение пользователю отображается экран «Выбор роли» (представлено на рис. 6), где неавторизованный пользователь выбирает роль, от которой зависит функциональность приложения.

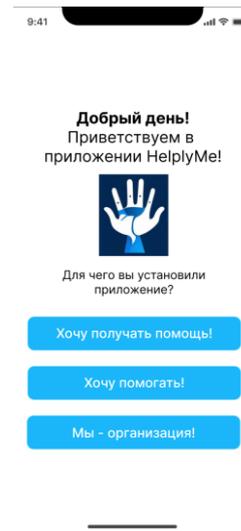


Рис. 6. Экран «Выбор роли»

Если неавторизованный пользователь выбрал роль «Хочу получать помощь!», то он переходит на экран «Регистрация пользователя» для конечного пользователя.

После успешной регистрации пользователь переходит на экран «Авторизация». Если на этом экране все данные введены корректно, то пользователю отправляется код подтверждения на номер телефона и открывается форма «Ввод кода из СМС». После чего он переходит на главный экран мобильного приложения (представлено на рис. 7).

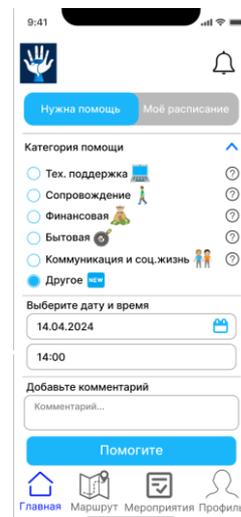


Рис. 7. Главный экран. Раздел «Нужная помощь»

Здесь в разделе «Нужна помощь», который открывается по умолчанию, пользователь может создать заявку на оказание помощи. На этом экране пользователь должен выбрать категорию помощи (ознакомиться с каждой категорией помощи пользователь может, нажав на кнопку «?»). По нажатию открывается модальное окно с подробной информацией о категории), дату и время, по желанию пользователь может оставить комментарий к заявке. После чего пользователь нажимает кнопку «Помогите» и отправляет заявку на рассмотрение волонтерам.

Если неавторизованный пользователь выбрал роль «Хочу помогать!», то он переходит на экран «Регистрация волонтера». После успешной авторизации волонтер переходит на главный экран (представлено на рисунке 8) по умолчанию на главном экране открыт раздел «Задания». Если волонтер не прикрепил необходимые документы на экране «Профиль», то вместо списка заданий на экране отображается предупреждение о том, что пока информация недоступна.

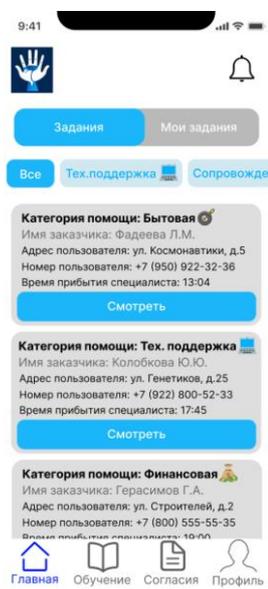


Рис. 8. Главный экран. Раздел «Задания»

По итогам проделанной работы была спроектирована информационная система для людей с ограниченными возможностями, пенсионеров и маломобильных граждан.

1. Было проведено интервью предполагаемых конечных пользователей для определения основных функциональных возможностей, а также анализ приложений-аналогов, в ходе которого был сделан вывод

о том, что проектируемая система является уникальной и во всём мире нет похожего продукта с таким же функционалом. Так же были созданы диаграммы вариантов использования и описаны бизнес-требования.

2. Описаны пользовательские требования к проектируемой информационной системе и созданы BPMN-диаграммы. Исходя из описанных Use Cases, был сделан вывод о высокой функциональности проектируемой ИС.

3. Описаны функциональные требования к проектируемой информационной системе. Они определили, какие возможности должны присутствовать у проектируемого приложения.

Также нефункциональные требования, которые позволяют сделать проектируемую систему совершенной и избежать многих ошибок уже на начальном этапе разработки.

4. Была создана ER-диаграмма, в которой отображено 17 сущностей, каждая из которых имеет свои атрибуты, которые будут храниться в создаваемой БД.

5. Создан прототип проектируемой информационной системы. Всё выполнено в едином стиле, интерфейс интуитивно понятен и не перегружен.

Данная работа представляет из себя готовое техническое задание, по которому в скором времени можно будет начать разработку информационной системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Вигерс Карл И., Битти Джой. Разработка требований к программному обеспечению [Текст]. 3-е изд., дополненное. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2019. 736 с.
- [2] Дерюгин С.В. Методы и средства проектирования информационных систем. Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2017. № 17 (151). С. 51-56. [Электронный ресурс] URL: <https://moluch.ru/archive/151/42973/> (дата обращения: 07.05.2024).
- [3] Петрова С.Ю. Методы проектирования информационных систем // Информатика и образование. 2017;(10):23-25.
- [4] Алистер Коберн. Современные методы описания функциональных требований к системам [Текст]. 3-е изд. Москва: Лори, 2017. 263 с.
- [5] Владимир Репин. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN: Пособие для начинающих. Часть I [Текст]. Екатеринбург: Издательские решения, 2019. 90 с.
- [6] Буч Гради, Якобсон Ивар, Рамбо Джеймс Введение в UML от создателей языка [Текст]. Москва: ДМК Пресс, 2013. 496 с.
- [7] Тодд Варфел. Прототипирование. Практическое руководство [Текст]. Москва: МИФ, 2010. 389 с.

# Моделирование кинетики опухолевого роста при химиотерапевтическом лечении

С. К. Иванов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

s.k.ivanov314@gmail.com

**Аннотация.** В исследовании описывается построение и исследование модели химиотерапевтического лечения. Ядром модели является кинетика роста при ограниченных ресурсах Ферхгюльста. Разработка может оказаться полезной для прогнозирования эффективности и агрессивности лечения, динамики объема опухоли во времени. Предложенные аналитические зависимости включают в себя параметры, оценка которых возможна известными медицинскими анализами.

**Ключевые слова:** онкология; химиотерапия; динамические системы; устойчивость; математическое моделирование

## I. ВВЕДЕНИЕ

Моделирование биологически процессов – активно развивающаяся область исследований, множество предложенных методов демонстрируют достаточную точность. Однако, сложность предметной области вынуждает отказываться от многих зависимостей, что в конечном итоге может сказаться на применимости построенных моделей на практике

Новизна исследования заключается в построении регулятора неустойчивой модели роста опухоли на основе медицинского представления о курсах лечения. Такой подход в значительной степени упрощает понимание полученных аналитических уравнений и способствует нахождению «общего языка» между медициной и математикой.

## II. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ

Работа посвящена исследованию модели химиотерапевтического лечения онкологии, имеющую вид [1]:

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dt} &= \mu T \left(1 - \frac{T}{T_\infty}\right) - \alpha_1 ET - \gamma D(t)T, \\ \frac{dE}{dt} &= c(E_0 - E) - \alpha_2 ET. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь приняты следующие обозначения:  $T$  – объем онкологической массы, ед;  $E$  – объем клеток-киллеров иммунной системы, ед;  $D$  – концентрация химиотерапевтического препарата в крови, ед/объем,  $\mu$  – показатель агрессивности опухоли, 1/время;  $c$  – показатель скорости поступления клеток-киллеров в пространство роста, 1/время;  $\gamma$  – показатель резистентности новообразования к терапии, объем/время;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – показатели скоростей взаимодействия разнородных клеток, 1/(ед.время),  $E_0$  – размер доступного пространства для иммунных клеток. Все значения переменных и параметров принимаются неотрицательными.

В основе модели пролиферации онкологических клеток лежит известное уравнение Ферхгюльста

$$\frac{dT}{dt} = \mu T \left(1 - \frac{T}{T_\infty}\right),$$

его решением является логистическая кривая (рис. 1). Предполагается, что коэффициент агрессивности роста опухоли  $\mu$  может быть определен с помощью иммуногистохимического исследования с определением пролиферативной активности по экспрессии KI-67 [2]. Маркер показывает какой процент клеток активно делится. Тогда  $\mu$  можно определить как

$$\mu = \frac{\ln\left(1 + \frac{T_\infty - T_\infty T_p}{T_0 T_p}\right)}{t_p},$$

где  $T_p$  – прогнозируемый объем неоплазии через время  $t_p$  в условии отсутствия лечения.

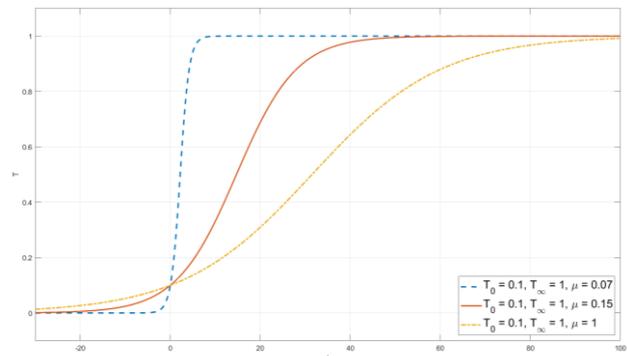


Рис. 1. Логистические кривые

Интерпретация  $D(t)$  накладывает естественные ограничения на функцию:  $D(t) > 0$  и  $D(t)$  квазипериодична (в общем случае).

Одним из положений равновесия системы (1) является состояние  $(T, E) = (0, E_0)$ , отвечающее отсутствию патологии. Матрица Якоби системы для него имеет вид

$$J = \begin{pmatrix} \mu - \alpha_1 E_0 - \gamma D(t) & 0 \\ -\alpha_2 E_0 & -c \end{pmatrix},$$

собственные числа которой

$$\lambda_1 = -c, \lambda_2 = \mu - \alpha_1 E_0 - \gamma D(t),$$

будут отрицательны при выполнении условия

$$D(t) > \frac{\mu - \alpha_1 E_0}{\gamma} = D_{min}.$$

То есть для эффективности препарата необходимо, чтобы его концентрация в крови превышала некоторое минимальное значение  $D_{min}$ .

В отсутствие лечения ( $D(t) \equiv 0$ ) фазовый портрет системы варьируется при варьировании параметров. Различные конфигурации сведены в табл. 1. Положения равновесия, отвечающие патологиям, ищутся из уравнения

$$T^2 + \left(\frac{c}{\alpha_2} - T_\infty\right)T - \frac{c}{\alpha_2}T_\infty \left(1 - \frac{\alpha_1 E_0}{\mu}\right) = 0,$$

которое имеет решение при положительности дискриминанта

$$D = \left(\frac{c}{\alpha_2} - T_\infty\right)^2 + 4\frac{c}{\alpha_2}T_\infty \left(1 - \frac{\alpha_1 E_0}{\mu}\right).$$

ТАБЛИЦА I. КОНФИГУРАЦИИ МОДЕЛИ

Условие	$T$ – координата	Фазовый портрет	Устойчивость
$\mu > \alpha_1 E_0$ .			$(0, E_0)$ – устойчивый узел.
$\begin{cases} \mu < \alpha_1 E_0, \\ \frac{c}{\alpha_2} < T_\infty, \\ D > 0. \end{cases}$			$(0, E_0)$ – устойчивый узел. Большая из оставшихся точек – устойчивый узел, меньшая – седло.
$\begin{cases} \mu < \alpha_1 E_0, \\ \frac{c}{\alpha_2} < T_\infty, \\ D > 0. \end{cases}$			$(0, E_0)$ – устойчивый узел. Меньшая из оставшихся точек – устойчивый узел, большая – седло.
$D < 0$ .			$(0, E_0)$ – устойчиво «в целом».

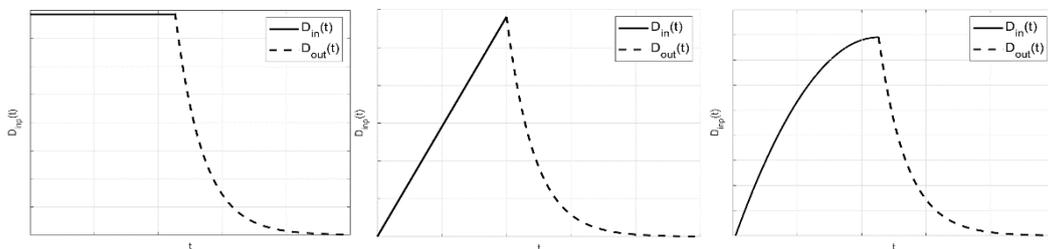


Рис. 2. Стратегии введения препарата

### III. ПОСТРОЕНИЕ СТРАТЕГИИ ЛЕЧЕНИЯ

#### A. Описание введение препарата

Препарат может вводиться различными методами: длительная процедура (вплоть до суток), импульсная

процедура (в течение нескольких часов), процедура средней продолжительности. Процедура  $D_{imp}(t)$  состоит из двух зон: непосредственное введение  $D_{in}(t)$  и активное выведение препарата из организма  $D_{out}(t)$ .

Скорость выведения, то есть вид  $D_{out}(t)$ , оценивается с использованием априорно известного для препарата периода полувыведения  $t_{0.5}$  – времени, через которое концентрация падает в два раза. То есть  $\frac{D_{out}(t)}{D_{out}(t+t_{0.5})} = 2$ , а такому свойству удовлетворяет показательная функция. Тогда  $D_{out}$  оценивается как

$$D_{out}(t) = \max_{t>0} D_{in}(t) \cdot \exp\left(-\frac{\ln 2}{t_{0.5}}\left(t - \operatorname{argmax}_{t>0} D_{in}(t)\right)\right).$$

На практике, при достаточной длительности сеанса, нельзя пренебрегать выведением химиопрепарата из организма на протяжении процедуры. Тогда скорость увеличения концентрации (то есть производная функции  $D_{in}(t)$ ) будет меньше. Примеры описания сеансов приведены на рис. 2.

Изменчивость опухоли (гетерогенность и полиморфизм) не позволяют проводить моделирование длительных процессов. Управление по уровню невозможно, поскольку реакции неоплазии на лечение недостаточно для выработки управляющего воздействия. В клинической практике в виде обратной связи применяют сразу несколько переменных: накопительный объем препарата, индекс К1-67, размер опухоли и прочее. Эффективность терапии оценивают по критерию RECIST [3], определяющему динамику очагов новообразования.

### В. Описание курсов лечения

Предполагая, что схема курса известна заранее, можно спрогнозировать эффективность терапии без учета отрицательных реакций организма. Далее рассматриваются только те схемы, при которых длительностью введения можно пренебречь по сравнению с длительностью курса.

Тогда функция введения не будет содержать область введения  $D_{in}(t)$ . Результирующее представление имеет вид

$$D(t) = 2 \sum_{i=0}^N \sum_{k=0}^n D_{ik} \cdot \theta(t - kp - iP) e^{-\frac{\ln 2}{t_{0.5}}(t - kp - iP)},$$

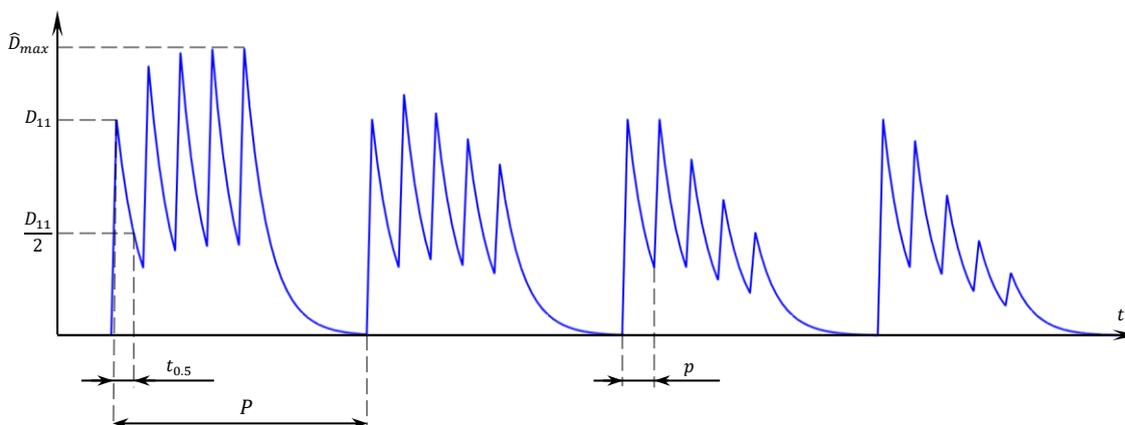


Рис. 3. Типовой вид зависимости  $D(t)$

где  $\theta(t)$  – функция Хевисайда,  $N, n$  – количество курсов и количество сеансов в курсе соответственно. Типовой вид зависимости представлен на рис. 3.

При этом агрессивность лечение определяется метриками:

1. Площадью под графиком функции  $D(t)$ :  $\Phi_{\infty} = \int_0^{\infty} D(t) dt$ ;
2. Накопительным объемом введенного препарата  $\hat{D}_{sum} = \sum_{i,k} D_{ik}$ ;
3. Пиком функции объема  $\hat{D}_{max} = \max D(t)$ .

Реакция организма на терапию в рамках теории динамических систем может быть представлена в виде временных процессов, рис. 4. Однако, следует дополнительно учитывать появление резистентности новообразований к используемому лекарственному лечению вследствие мутаций [4]. Тогда реальные процессы, при сохранении той же агрессивности в смысле рассматриваемых метрик, могут разойтись. Резистентность тем больше, чем больше препарата провзаимодействовало с онкологическими клетками. Тогда показатель эффективности лечения  $\gamma$  становится функцией от времени вида

$$\gamma(t) = \frac{\gamma_0}{1 + \delta \int_{t_0}^t D(t - t_0) T(t) dt}.$$

Условия устойчивости «здорового» положения равновесия принимают вид

$$D(t) > \frac{\mu - \alpha_1 E_0}{2\gamma(t)} = D_{min}(t).$$

Процессы, получающиеся заменой  $\gamma$  на  $\gamma(t) \rightarrow 0$  крайне сложно стабилизировать. Но несколько улучшить прогноз можно путем повышения дозировок на начальной стадии лечения и, как следствие, агрессивности лечения. В медицине считается, что вред препарата менее важен, чем гипотетическая польза от химиотерапии, кроме пациентов с угнетенной функцией выведения почек или печени, то есть такой подход имеет место.

Коррекция лечения проводится путем повышения дозировок в начале лечения (рис. 5).

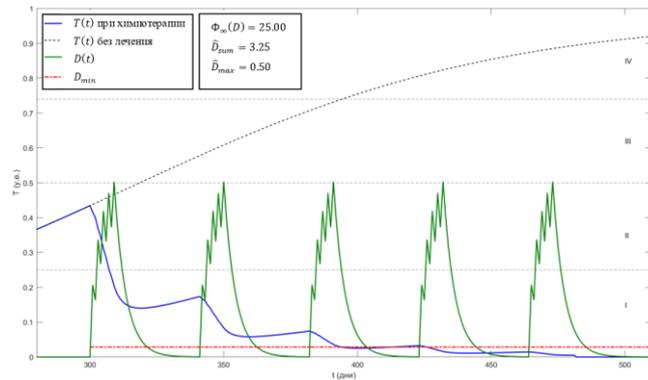


Рис. 4. Химиотерапия при сохранении резистентности

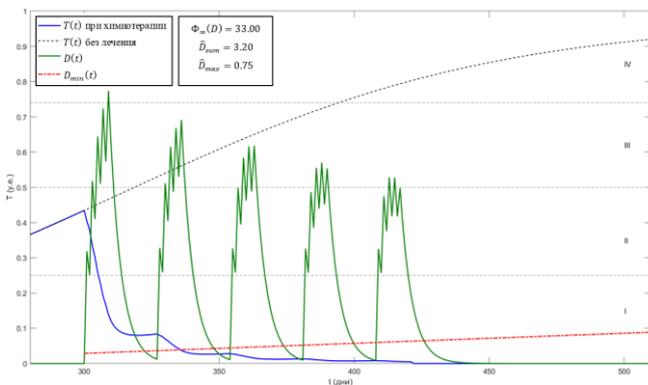


Рис. 5. Химиотерапия при увеличении резистентности

В реальной практике схемы содержат более одного препарата [5]. Если каждый из них направлен непосредственно на уничтожение дефектных клеток, вместо  $\gamma D(t)T$  – слагаемого модели (1) рассматривать сумму вкладов препаратов:

$$\frac{dT}{dt} = \mu T \left( 1 - \frac{T}{T_\infty} \right) - \alpha_1 ET - \sum_{n=1}^N \gamma_n D_n(t) T$$

Все дальнейшие исследования аналогичны рассмотренным ранее в силу аддитивности рассматриваемой корректировки.

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные в работе зависимости позволяют проводить моделирование химиотерапевтического лечения онкологических заболеваний. Введенные метрики агрессивности допускают оценку потенциального вреда исследуемой стратегии. Предложены методы оптимизации лечения, учитывающие гетерогенность опухоли и усиление резистентности новообразования к препарату.

Связь аналитических параметров модели с характеристиками препаратов и индивидуальными характеристиками пациентов позволяет интерпретировать на языке медицины смоделированные процессы. Построенные схемы лечения позволяют сделать прогноз успешности терапии, а в случае малой вероятности успеха предложить оптимизацию.

Результаты исследования могут оказаться полезны для анализа эффективности известных подходов к химиотерапии, и послужить основой для разработок в области моделирования онкологических процессов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Математическое моделирование лечения онкологического заболевания / А.Б. Гончарова, Е.В. Василевская, Е.П. Колпак, М.Ю. Виль. Текст: непосредственный // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. Вып. 3 (117). С. 13–21.
- [2] The Association Between Ki-67 and P53 Expression with Histopathological Grading in Breast Cancer: A Cross-Sectional / John Pieter Jr1, William Hamdani, Berti Julian Nelwan, Muhammad Faruk. // Surgery Gastroenterology and Oncology. 2022. March. P. 1-8.
- [3] Response assessment in solid tumours (RECIST): Version 1.1 and Supporting Papers. Текст: непосредственный // European Journal of Cancer. 2009. Vol. 45(2). P. 225-310.
- [4] Свирновский, А.И. Резистентность опухолевых клеток к терапевтическим воздействиям как медико-биологическая проблема. // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. 2014. №4. С. 15–38.
- [5] Клинические рекомендации // АОР – Ассоциация Онкологов России. Текст: электронный. URL: <https://oncology-association.ru/clinical-guidelines> (дата обращения: 20.05.2024).

# Оптимизация затрат труда с применением технических методов оценки задач и сотрудников

И. Ю. Карпий, Д. С. Плесовских

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

igorkarpy@gmail.com

**Аннотация.** В современном мире разработка сложных технических систем требует точной оценки трудозатрат на этапе программирования. Однако существующие методики оценки в основном субъективны и не обеспечивают достаточной точности. В работе рассматривается важность применения принципов Agile и методологии Scrum для оптимизации затрат на разработку. Проанализированы ключевые элементы Scrum, такие как роли и события, и их влияние на улучшение процессов разработки. Освещена роль метрик, в частности сторипоинтов, и их важность для более точного планирования и управления ресурсами. Цель работы заключается в разработке системы оценки трудоемкости программных задач и управления командой, что позволит повысить эффективность разработки и удовлетворенность заказчиков.

**Ключевые слова:** оценка труда, программирование, комплексная задача, разработка сложной технической системы, трудоемкость

## I. ВВЕДЕНИЕ

Процесс подготовки задач для решения на современных вычислительных системах является одним из основных факторов затрат при разработке и тестировании сложных технических систем. Примерно половина всех расходов на разработку этих систем приходится именно на этот этап. Однако, несмотря на значительные инвестиции, до сих пор не существует надежных критериев и методик для точной оценки трудоемкости программирования задач в контексте создания технических систем. Существующие методы оценки трудоемкости в основном носят субъективный характер и опираются на экспертные оценки, что делает их использование весьма проблематичным в рамках строгих инженерных требований.

В современных проектах все чаще используются принципы Agile и методология Scrum, которые позволяют оптимизировать затраты труда на разработку. Agile представляет собой набор принципов, направленных на гибкость и адаптивность процессов разработки, в то время как Scrum предоставляет конкретные механизмы для активного решения задач. Scrum-спринты, короткие циклы разработки, помогают командам регулярно поставлять рабочее программное обеспечение и быстро реагировать на изменения в требованиях.

Scrum включает в себя ключевые элементы, такие как роли (Руководитель проекта и команда разработки), а также события, самым важным из которых является

планирование спринта. Эти компоненты обеспечивают прозрачность, проверку и адаптацию, что помогает улучшить процессы разработки и сократить издержки.

Метрики играют ключевую роль в Agile и Scrum. Например, в Scrum используется методика подсчета «сторипоинтов» для оценки трудоемкости задач. Эти оценки помогают команде понимать объем работы и планировать спринты более эффективно. Метрики производительности, такие как скорость команды (velocity), позволяют отслеживать прогресс и корректировать планы на основе фактических данных.

Применение Agile и Scrum позволяет структурировать субъективные оценки и сделать их более обоснованными, что способствует улучшению качества и скорости разработки. Внедрение системы подсчета баллов, таких как сторипоинты, и использование метрик производительности в рамках Scrum обеспечат более точное планирование и управление ресурсами, что в конечном итоге приведет к более успешной реализации проектов и повышению удовлетворенности заказчиков.

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Необходимо разработать систему оценки трудоемкости программных задач и управления ресурсами команды в рамках Agile и Scrum-подходов. Система должна обеспечивать объективное измерение сложности задач с использованием методики сторипоинтов и оценивать производительность команды на основе метрик, таких как скорость (velocity). Это позволит более точно планировать этапы разработки, оптимально распределять задачи между сотрудниками с учетом их компетенций и производительности в прошлом, а также адаптировать процессы в ответ на изменения в проекте. Ключевой задачей является создание прозрачной и адаптивной системы, способствующей снижению затрат на разработку и повышению эффективности работы команды.

Ожидается, что будет достигнута объективная оценка трудоемкости задач программирования. Это сократит время, затрачиваемое на обсуждение задач, и повысит эффективность взаимодействия внутри команды.

## III. РЕШЕНИЕ

Благодаря спринтам команды могут следовать agile-принципу «частой поставки рабочего программного обеспечения», а также реализовать agile-задачу

«реагирования на изменения в соответствии с планом». Установки scrum – прозрачность, проверка и адаптация – дополняют agile-методику и играют главную роль в концепции спринтов.



Рис. 1. Схема Scrum

Стоит отметить, что процесс решения любой задачи отличается в зависимости от способа решения и сотрудника, который эту задачу выполняет. Это значит, что каждая задача должна быть проанализирована и оценена по сложности, чтобы понять, кому ее выгоднее всего назначить.

Продолжительность выполнения задачи  $T$  складывается из ряда составляющих, которые можно описать двумя ключевыми факторами – сложностью задачи  $C$  и компетенцией сотрудника  $A$ , который ее выполняет:

$$T = C \cdot A \quad (1)$$

Для подсчета этих критериев предлагается использовать следующую методику. На собрании по планированию спринта руководитель проекта выполняет следующие действия:

Разработчикам на обозрение в системе контроля проектов предлагается задача и ее оценка по трудности выполнения. Все разработчики дают оценку количества часов, необходимых для выполнения задачи, после чего система собирает эти оценки и выбирает две – самую худшую и самую лучшую. Двоим сотрудниками, которые являются авторами этих оценок, предлагается описать свой вариант решения задачи. Они его записывают в форму. Дальше система еще раз отправляет задачу на обозрение, но уже с предполагаемыми вариантами решения. Все разработчики дают оценку с учетом анализа, после чего система собирает эти оценки и вычисляет среднее значение времени выполнения.

Формула определения сложности задачи:

$$C = \sum_{i=1}^n t_i / n$$

где  $C$  – итоговая оценка сложности задачи,  $t_i$  – оценка сложности задачи от каждого участника, а  $n$  – количество участников в оценке

Таким образом, происходит достаточно справедливая оценка сложности задачи, которая позволяет понять, сколько времени стоит выделить на ее решение.

У каждого разработчика в команде разная продуктивность, и, естественно, необходимо это учитывать. Для этих целей нужно создать профиль

разработчика, в котором отражается (оценка) его эффективности. Оценка основывается на предыдущем опыте работы, и ее основная цель – дать понятную характеристику, по которой можно оценить скорость и качество выполнения задачи сотрудником.

Общая продуктивность разработчиков в проекте – скорость команды – представлена на рис. 2 и отражает ее производительность и помогает руководителю определить количество задач, которые команда может выполнить за неделю.

Для этого предусмотрена история каждого сотрудника и система оценки его производительности.

Карточка сотрудника, формируя оценку, будет учитывать результаты работы сотрудника за последние  $X$  месяцев. За каждую задачу сотруднику начисляется  $N$  баллов (от 0 до 10). Оценка зависит от таких параметров:

- $t$  = Скорость выполнения, Оценка 1-10 и вес. коэф. 1
- $q$  = Качество выполненной задачи, оценка 1-10 и вес. коэф. 0.8
- $c$  = Проверки выполненной задачи, оценка 1-10 и вес. коэф. 0.6\*

Веса можно и необходимо адаптировать под конкретные требования организации, использующей методику.

Итоговая оценка:

$$A = \sum_{j=1}^3 w_j \cdot p_j,$$

где  $A$  – итоговый скоринг производительности,  $w_j$  – весовой коэффициент каждого критерия,  $p_j$  – баллы, полученные по каждому критерию.

Длительность истории работы сотрудника, которая лежит в основе его оценки, выбрана в размере двух месяцев. Этот период позволяет нам оценить текущую динамику производительности, учитывая недавние улучшения или изменения в работе. За последние два месяца можно заметить значимые изменения в качестве и скорости выполнения задач, что дает достаточно информации для объективной оценки. Короткий временной промежуток выбран для того, чтобы акцентировать внимание на последних достижениях сотрудников и их текущем вкладе в команду, не упуская из вида их потенциальное развитие и возможности для дальнейшего улучшения.

ТАБЛИЦА I. ПРИМЕР РЕЙТИНГА ЗАДАЧ

Название задачи	Оценка, часов
Планирование архитектуры приложения	5
Разработка нового функционала	8
Тестирование и отладка кода	6
Обновление документации	1

После оценки сложности задач, которые предстоит выполнить за неделю, составляется рейтинг задач, который выводится руководителю проекта. Вместе с этим в системе можно наблюдать рейтинг сотрудников, а также их текущую занятость, чтобы наглядно увидеть, кому стоит назначить какую задачу.

Система предоставляет функционал автоматического распределения задач между сотрудниками с учетом их текущей занятости. Распределение задач базируется на алгоритме, который начинается с выбора наиболее эффективного сотрудника. Затем, в ходе итерации по списку задач от наиболее сложных к простым, происходит назначение задач. Каждый сотрудник располагает лимитом в семь сторипоинтов в неделю и индивидуальным коэффициентом производительности  $A$ . Общий потенциал сотрудника для выполнения задач рассчитывается по формуле  $P = 7 \cdot A$ .

В итоге, свободные высококвалифицированные сотрудники получают наиболее сложные задачи, а при

наличии дополнительного времени — менее сложные задачи.

При сопоставлении задачи и сотрудника система будет предлагать автоматически срок  $T$ , необходимый для решения задачи данным программистом по формуле (1). Руководитель может опереться на эту оценку для принятия решения о времени, необходимом для решения задачи сотрудником.

В конце каждого спринта система собирает статистические данные, которые затем могут быть проанализированы для выявления тенденций и принятия соответствующих мер по улучшению производительности команды на следующем этапе.

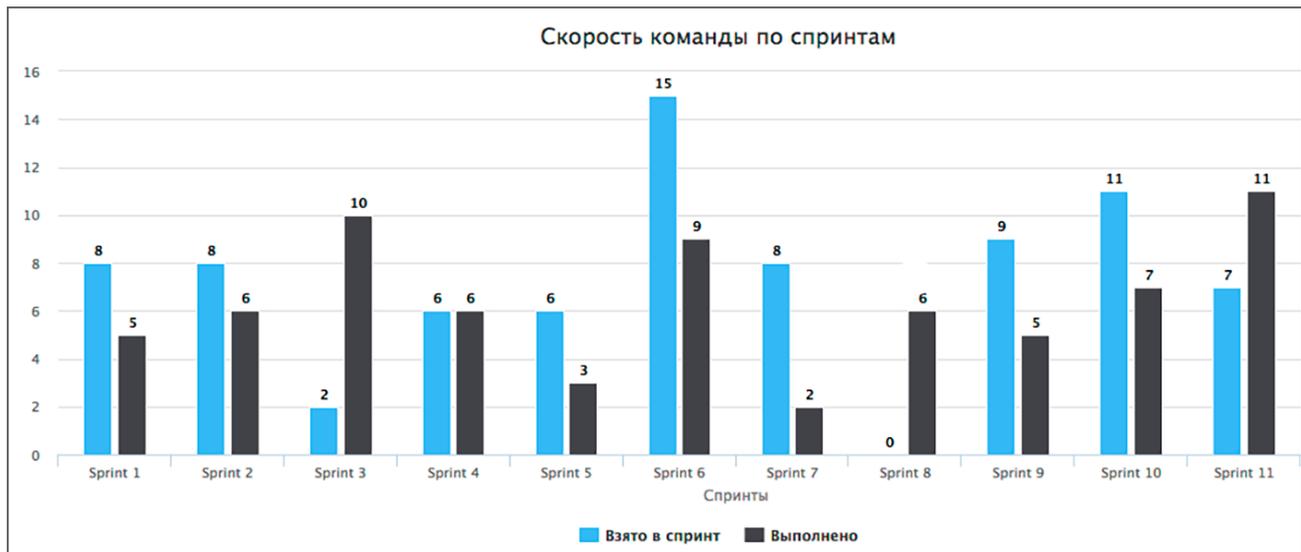


Рис. 2. Скорость команды по спринтам

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа представляет систему оценки трудоемкости программных задач и управления командой разработчиков в рамках методологии Agile и Scrum. Основной целью работы было разработать прозрачную и адаптивную систему, способствующую снижению затрат на разработку и повышению эффективности работы команды.

В ходе исследования были выявлены ключевые аспекты применения Agile и Scrum в процессе разработки программного обеспечения. Особое внимание уделено использованию методики сторипоинтов для оценки трудоемкости задач и метрик производительности, таких как скорость команды, для отслеживания прогресса и корректировки планов.

Предложенная методика оценки трудоемкости задач и управления командой позволяет структурировать субъективные оценки и сделать их более обоснованными. Внедрение такой системы позволит более точно планировать и управлять ресурсами, что в конечном итоге приведет к более успешной реализации проектов и повышению удовлетворенности заказчиков.

Таким образом, полученная система является важным инструментом для оптимизации процессов разработки программного обеспечения и повышения конкурентоспособности компании в современных условиях рынка.

#### БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаем благодарность нашему научному руководителю Шестопалову Михаилу Юрьевичу, доктору технических наук, за важные советы при поиске материала и рекомендации по оформлению статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Вопросы. Гипотезы. Ответы: наука XXI века / Л.А. Грачева, Ю.А. Извеков, Л.А. Михолап, Л.В. Обьедкова, Т.В. Опейник, М.С. Пантелева, А.И. Поспеловская, Д.В. Поспеловский, А.В. Старусев: кол. моногр. Краснодар, 2017. Кн. 15. 143 с.
- [2] Лобейко В.И. Современные подходы к организации испытаний сложных систем. Астрахань: Астраханский университет, 2006. 332 с.
- [3] Atlassian [Электронный ресурс]. URL: <https://www.atlassian.com/ru/agile/scrum/sprints>
- [4] Сазерленд Д.Д. Scrum на практике. Высокая продуктивность и результаты – прямо сейчас // Agile на практике. 2022. С. 105-132.

# Разработка системы анализа качества воды на основе алгоритмов машинного обучения

А. А. Куварин

Факультет компьютерных технологий и информатики  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

etothezik@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются преимущества алгоритмов машинного обучения по сравнению с традиционными методами в анализе качества воды. Основное внимание уделяется тому, как машинное обучение может улучшить точность и эффективность оценки параметров воды.

**Ключевые слова:** машинное обучение, анализ качества, обработка данных, проектирование

## I. ВВЕДЕНИЕ

Для начала определим, как вода и ее качество влияет на нашу жизнь.

Вода играет важную роль в жизни человека. Ее влияние распространяется на такие аспекты жизни как:

- здоровье;
- гигиена и санитария;
- сельское хозяйство;
- промышленность.

Также стоит упомянуть, что уже на сегодняшний момент существует немало проблем, связанных с качеством воды, среди них выделим:

- недоступность безопасной питьевой воды;
- загрязнение воды;
- влияние на климат.

В связи с этим, качество воды имеет большое значение, а для его поддержания требуется проводить регулярный и точный анализ. Традиционные методы оценки качества воды, хоть и являются важными инструментами, но имеют ряд ограничений, которые делают их менее выгодными по сравнению с использованием алгоритмов машинного обучения. Среди ограничений выделим следующие:

- время и стоимость;
- точность и надежность;
- прогнозирование и предупреждение;
- обработка больших объемов данных.

Использование алгоритмов машинного обучения в анализе качества воды может дать значительные преимущества в сравнении с традиционными методами. Пользу от их использования могут получить такие организации и компании как:

- водоканалы;
- санитарно-эпидемиологические службы;

- пищевые производства.

Использование системы оценки качества воды на основе алгоритмов машинного обучения позволит этим организациям повышать эффективность своей работы, улучшать качество услуг и продукции, а также снижать затраты на анализ качества воды.

## II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ВОДЫ

Качество воды зависит от ее параметров, которые можно разделить на три группы:

- физические;
- химические;
- биологические.

К физическим параметрам, можно отнести следующие характеристики – вкус, запах, цвет, мутность, температуру, электропроводность, содержание твердых веществ. Эти параметры можно определить с помощью органов чувств и аналитического оборудования.

Химические параметры воды представляют собой различные показатели, такие как уровень pH, присутствие тяжелых металлов, содержание нитратов и нитритов, хлоридов, сульфатов, фосфатов, хлоридов и др. Эти параметры определяются с помощью специализированных химических анализов и оборудования.

В качестве биологических параметров, выделяют наличие в ней различного рода микроорганизмов, таких как, бактерии, вирусы, водоросли. Эти параметры играют ключевую роль в определении качества воды и пригодности ее для различных целей, включая потребление человеком.

Зная значения перечисленных выше показателей, можно сделать вывод о пригодности воды для различных целей.

Предельные значения для этих показателей указаны в различных стандартах и нормативных документах. Стандарты качества воды – это набор критериев и ограничений, которые устанавливаются для обеспечения безопасности и пригодности воды для определенных целей, таких как питье, купание, сельское хозяйство и промышленность. Они включают в себя физические, химические и биологические параметры, которые мы рассмотрели ранее.

В России стандарты качества воды регулируются на различных уровнях, включая федеральный и

региональный. Например, Роспотребнадзор и другие регуляторные органы устанавливают федеральные стандарты качества воды. Эти стандарты определяют предельно допустимые уровни различных веществ в воде и используются для контроля качества воды на всей территории страны. В дополнение к федеральным стандартам, региональные и местные органы могут устанавливать свои собственные стандарты качества воды в зависимости от местных условий и потребностей.

Помимо национальных стандартов, таких как российские СанПиН и ГОСТ, существуют и международные стандарты качества воды. Они разрабатываются международными организациями, такими как Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), и представляют собой общепризнанные руководящие принципы, которые могут быть приняты и адаптированы различными странами в соответствии с их специфическими условиями и потребностями. Многие страны при разработке своих национальных стандартов руководствуются этими международными руководящими принципами.

Методы анализа качества воды могут быть разделены на несколько категорий в зависимости от типа параметров, которые они измеряют:

- органолептический анализ;
- физико-химический метод анализа;
- биологический метод анализа;
- радиологический метод анализа.

Все эти методы объединяет общая цель – обеспечение надлежащего качества воды. Они позволяют нам определить различные параметры качества воды, от органолептических характеристик до биологического и радиологического состояния, что является ключевым для обеспечения здоровья и благополучия людей.

### III. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ВОДЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Алгоритмы машинного обучения предлагают ряд преимуществ, которые могут помочь преодолеть ограничения традиционных методов анализа качества воды. Во-первых, модели способны обрабатывать большие объемы данных быстро и эффективно, что может существенно сократить время и стоимость анализа. Во-вторых, при обучении модели машинного обучения выявляются сложные закономерности и зависимости в данных, которые могут быть не видны при ручном анализе, что улучшает точность и надежность анализа. В-третьих, использование машинного обучения позволяет создавать прогностические модели, которые могут предсказывать будущие изменения в качестве воды, что может быть полезно для предупреждения возможных проблем.

Задача определения качества воды представляет собой задачу классификации, где по исходным параметрам, нужно определить принадлежность того или иного образца воды, к определенному классу. В нашем случае вода будет представлена двух классов – «Пригодна для питья» и «Не пригодна для питья», что делает эту задачу – задачей бинарной классификации.

Теперь нужно определиться с инструментами разработки, в качестве языка выбран Python. Это высокоуровневый язык программирования, который широко используется в научных исследованиях, анализе данных и машинном обучении. Выбор Python обусловлен следующими причинами:

- простота и читаемость;
- богатая экосистема библиотек;
- поддержка машинного обучения.

Среди библиотек, используемых при разработке, выделим следующие:

- Pandas;
- Scikit-learn;
- NumPy;
- Gradio.

Эти библиотеки содержат в себе полезные инструменты для решения следующих задач: работа с многомерными массивами и математическими функциями высокого уровня, работа с алгоритмами машинного обучения, методы предварительной обработки данных и оценки модели, проектирование интерфейса модели машинного обучения.

Для того чтобы обучить модель, необходимо подобрать качественные данные. В качестве источника данных возьмем датасет с портала Kaggle. Датасет содержит в себе большое количество записей, содержащих значения различных параметров воды, как физических, так и химических, а также включает в себя показатели среды.

Перед использованием данных в нашей модели, необходимо их обработать, а именно, избавиться от пропущенных значений, обработать категориальные признаки. Эти действия позволят повысить точность и эффективность обученной модели. Обработку данных будем проводить следующим образом, для характеристик воды, представленных числовыми значениями, заполним пропущенные значения – средними. Для категориальных признаков, пропущенные значения заполним новой категорией – 'NA', а произведем перевод категориальных признаков к числовым.

В качестве алгоритма бинарной классификации отлично подходит Random Forest, так как он обладает следующими преимуществами:

- обработка больших объемов данных;
- обработка большого количества признаков;
- меньше предварительной обработки данных.

Для успешной работы алгоритма, необходимо настроить его гиперпараметры, а именно количество деревьев и максимальную глубину дерева. Эти параметры будут влиять на итоговые метрики оценки модели, а также на время ее обучения. Для удобства представим оценку эффективности гиперпараметров в виде таблицы:

ТАБЛИЦА I. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ

Кол-во деревьев	Максимальная глубина	Accuracy	Precision	Recall	Время обучения, с
30	10	86.9%	72.8%	90.9%	1020
40	14	87.7%	72.8%	95.2%	1860
50	18	88.1%	72.7%	97.3%	2969
60	20	88.2%	72.8%	97.5%	5082

Наиболее эффективными будем считать параметры: кол-во деревьев 50, максимальная глубина 18. Так как прирост метрик не сопоставим с ростом времени, требуемым для обучения.

Для обученной модели, необходимо спроектировать интерфейс, который позволит пользователю вводить собственные значения показателей качества воды для единичного образца, а также возможность загрузки большого количества данных одновременно. Ввод собственных значений будет осуществляться с использованием определенных виджетов, таких как числовое поле, слайдер, выпадающий список. Для каждого из них необходимо определить граничные значения параметра, что позволит пресечь ошибки ввода, допущенные пользователем и как следствие некорректную работу разработанной системы. Для обработки большого количества данных необходимо добавить возможность загрузки данных из файла, для этого нужно предоставить пользователю шаблон, по которому должны быть организованы данные, а также возможность загрузить данные в нашу систему. Пример такого интерфейса, состоящего из двух основных вкладок, можно увидеть на следующих рисунках.

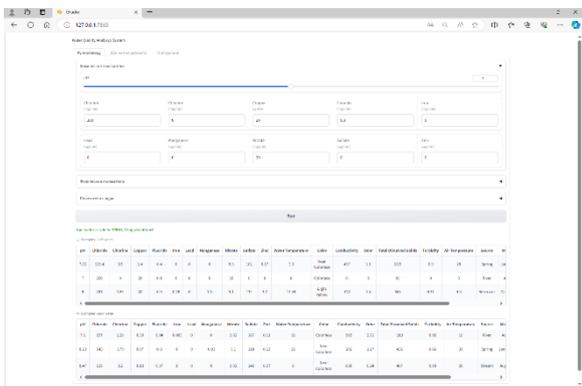


Рис. 1. Вкладка «Ручной ввод»

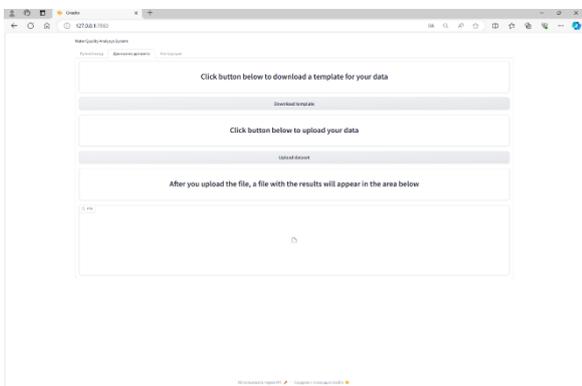


Рис. 2. Вкладка «Данные из датасета»

Этот интерфейс разработан с помощью библиотеки Gradio для Python.

#### IV. ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Спроектированный нами интерфейс позволяет оценить эффективность нашей системы. Для начала разберемся с метриками оценками качества воды, которые мы получили в нашей модели:

Accuracy (Точность): 88.1%. Это означает, что из 100 образцов воды модель правильно определила качество воды в 88 случаях, а в 12 случаях сделала неверное предсказание.

Precision (Точность): 72.7%. Когда модель предсказывает, что образец воды хорошего качества, она права в 72.7% случаев. Например, если модель предсказала, что 50 образцов из 100 являются хорошими, то 36 из них действительно хорошего качества.

Recall (Полнота): 97.3%. Модель правильно идентифицировала 97.3% образцов воды хорошего качества из всех таких образцов. Если есть 100 образцов воды, 50 из них действительно хорошего качества, то модель правильно определит 49 из них.

Эти показатели хороши, но их можно улучшить, если использовать при обучении данные высшего качества, подобрать точные настройки гиперпараметров, а также увеличить вычислительные мощности при обучении.

Теперь поговорим об эффективности с точки зрения времени выполнения анализа, а также обработки больших объемов данных. Для того чтобы оценить среднее время получения анализа одного образца, проведем 10 измерений. Среднее время получения анализа составило 0,014 секунды, что является прекрасным показателем.

Оценим время работы для одновременной обработки большого количества данных. Для удобства создадим таблицу, в которую будем записывать время, требуемое на обработку определенного количества данных.

ТАБЛИЦА II. ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ АНАЛИЗА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМА ДАННЫХ

Количество образцов	Размер файла, кб	Время, с
100	21	0.02
1000	201	0.04
10000	2000	0.27
1000000	19991	2.67
10000000	199903	29.25

Как видно из таблицы, система способна обрабатывать огромное количество данных в считанные секунды. Этот временной показатель можно улучшить, если использовать больше вычислительных мощностей.

Разработанная система может использоваться в различных сценариях, в качестве автономного решения, для быстрого и точного анализа образцов воды пользователя. Следующим сценарием использования системы является интеграция в уже существующие системы мониторинга качества воды, что позволит обрабатывать данные, собранные с различных датчиков в режиме реального времени, что позволит пользователям оперативно получать информацию о качестве воды.

Потенциальными пользователями нашей системы могут являться такие организации как санитарно-эпидемиологические службы, пищевые производства, водоканалы, они получают следующие преимущества:

- мониторинг в режиме реального времени;

- соответствие стандартам качества;
- экономия ресурсов;
- возможности для планирования и принятия решений.

Это позволит улучшить контроль за качеством воды и обеспечить ее безопасность для всех.

В качестве перспектив развития выделим следующие:

- расширение списка учитываемых параметров;
- обеспечение соответствия различным стандартам;
- повышение точности работы системы;
- сохранение и анализ исторических данных.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в процессе разработки и последующего тестирования системы оценки качества воды на основе алгоритмов машинного обучения, получены результаты, которые подтверждают эффективность спроектированной системы, по сравнению с традиционными методами анализа качества, а также оценены возможные области применения и перспективы развития.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий, водным объектам, питьевой воде и водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым и общественным помещениям. М.: Изд-во стандартов, 2021.
- [2] ГОСТ 32220-2013. Вода питьевая, расфасованная в емкости. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2013.
- [3] ГОСТ Р 70152-2022. Качество воды. Методы внутреннего лабораторного контроля качества проведения микробиологических и паразитологических исследований. М.: Изд-во стандартов, 2022.
- [4] Машинное обучение – Хендбук Яндекса [Электронный ресурс] URL: <https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/mashinnoye-obucheniye> (дата обращения: 10.04.2024).
- [5] Ансамбли в машинном обучении – Хендбук Яндекса [Электронный ресурс] URL: <https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/ansambli-v-mashinnom-obucheni> (дата обращения: 10.04.2024).
- [6] Метрики классификации и регрессии – Хендбук Яндекса [Электронный ресурс] URL: <https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/metriki-klassifikacii-i-regressii> (дата обращения: 10.04.2024).

# Разработка модуля выявления сетевых атак на основе сверточных нейронных сетей

Е. О. Кузнецова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

mrs.PLplatinem@gmail.com

**Аннотация.** В докладе рассматривается актуальная проблема обнаружения сетевых атак в условиях растущей зависимости современной экономики от интернета и корпоративных сетей. Предлагается метод распознавания сетевых атак, основанный на преобразовании данных трафика в изображения, что упрощает анализ и снижает потребность в ресурсах. Автор разрабатывает модуль обнаружения атак, используя сверточные нейронные сети, которые являются эффективным алгоритмом распознавания и классификации изображений. Модель тестируется на различных наборах данных сетевого трафика для оптимизации ее архитектуры и гиперпараметров. Реализованный модуль может быть использован специалистами по кибербезопасности для обнаружения и предотвращения кибератак.

**Ключевые слова:** сверточная нейронная сеть, обнаружение атак, сетевой трафик, сетевая атака

## I. ВВЕДЕНИЕ

Современная экономика тесно связана с интернетом и корпоративными сетями, поэтому выявление и предотвращение активно развивающихся кибератак является актуальной проблемой. В этом докладе рассматриваются методы распознавания сетевых атак, позволяющие преобразовать данные трафика в изображения, что упрощает процесс анализа и снижает необходимость в ресурсах. На основе выбранного подхода строилась модель сверточной нейронной сети, поскольку это один из лучших алгоритмов по распознаванию и классификации изображений. Созданная модель была протестирована на различных наборах данных сетевого трафика для определения оптимальной архитектуры и гиперпараметров. Реализованная модель может быть использована в различных сферах профессиональной деятельности, связанных с обеспечением кибербезопасности, для обнаружения и предотвращения кибератак.

Разработка модуля распознавания сетевых атак на основе сверточных нейронных сетей представляет собой значимую задачу в области кибербезопасности, особенно в условиях растущей зависимости современной экономики от интернета и корпоративных сетей. Этот модуль предназначен для выявления и предотвращения активно развивающихся кибератак, что является актуальной проблемой в современном мире.

В процессе разработки модуля необходимо:

1. Изучить основные принципы функционирования сверточных нейронных сетей и устройство сетевого трафика.
2. Рассмотреть основные виды сетевых атак и способы их обнаружения. Основой для модуля

послужили результаты исследований в области машинного обучения и нейронных сетей, а также практические навыки в анализе сетевого трафика.

3. Рассмотреть выбранный подход к обнаружению атак на сети, который включал в себя преобразование данных трафика в изображения. Этот подход значительно упрощает процесс анализа и позволяет снизить необходимость в ресурсах, что особенно важно в условиях большого объема данных, характерного для сетевых сред.
4. Построить модель на основе сверточной нейронной сети, поскольку она является одним из лучших алгоритмов по распознаванию и классификации изображений.
5. Провести эксперименты для определения оптимальной архитектуры и гиперпараметров модели на различных наборах данных сетевого трафика.

## II. ОБЗОР МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ К КЛАССИФИКАЦИИ СЕТЕВЫХ АТАК

Кибератаки представляют собой злонамеренные действия, предпринимаемые хакерами с целью получения несанкционированного доступа, кражи данных или причинения вреда компьютерным системам и сетям. Злоумышленники, действующие в одиночку или группами, используют различные тактики, методы и процедуры, чтобы воспользоваться уязвимостями и проблемами в компьютерных системах для достижения своих целей.

Мотивы киберпреступников могут варьироваться: от личной или финансовой выгоды до социальных и политических целей. Они выявляют слабые места в системах и используют их для проведения атак.

Существует несколько распространенных видов сетевых атак, включая:

1. Отказ в обслуживании (DoS) / Распределенный отказ в обслуживании (DDoS): Хакеры наводняют сеть многочисленными запросами, что приводит к перегрузке сервера и отказу в обслуживании легитимным пользователям. Жертвами таких атак часто становятся государственные учреждения и крупные корпорации.
2. Атака на веб-сайт (Web Defacement): Злоумышленник получает несанкционированный доступ к сайту и изменяет его содержимое, размещая, например, рекламу или угрозы.

3. Атака методом подбора (SSH Brute Force): Эта атака подразумевает перебор возможных комбинаций учетных данных для получения доступа к системе через SSH. После успешного входа злоумышленник может распространять вредоносное программное обеспечение по сети.
4. Скриптовые межсайтовые атаки (Cross-Site Scripting, XSS): Злоумышленник внедряет вредоносный код в веб-приложения, имеющие проблемы со скриптами, что позволяет ему получать доступ к информации о сессиях, куки-файлам и другим конфиденциальным данным.
5. Переход по каталогам (Directory Traversal): Этот тип атак использует уязвимости старых серверов, позволяя хакерам выходить за пределы разрешенных каталогов и манипулировать файлами на сервере.
6. Хищение DNS-сервера (DNS Server Hijacking): Атака перенаправляет запросы пользователя на сервер злоумышленника, который имитирует целевой домен.
7. Атака «Человек посередине» (Man-in-the-Middle, MITM): Злоумышленник перехватывает и изменяет соединение между пользователем и веб-сервером, крадя конфиденциальную информацию, такую как данные онлайн-банкинга и пароли.
8. Манипуляция ответом HTTP (HTTP Response Splitting): Атака с подделкой параметров, направленная на системы, использующие протокол HTTP для обмена данными.

Кибератаки представляют серьезную угрозу для организаций и частных лиц, делая защиту от них важной задачей для специалистов по информационной безопасности.

### III. ПОДХОДЫ К РАСПОЗНАВАНИЮ СЕТЕВЫХ АТАК

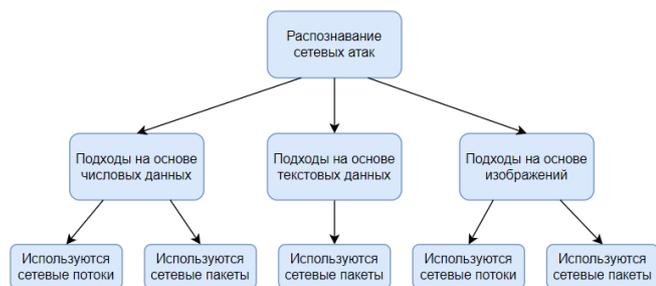


Рис. 1. Подходы к распознаванию сетевых атак

Распознавание и предотвращение сетевых атак является важной задачей в сфере кибербезопасности, и для ее решения используются различные подходы, основанные на машинном обучении. Традиционно подходы к обнаружению атак были сосредоточены на анализе числовых данных, извлекаемых из заголовков пакетов, но в последнее время стали популярны методы, использующие текстовые данные и изображения, полученные из необработанных пакетных данных.

Существует три основных подхода к распознаванию сетевых атак:

- Подходы на основе числовых данных: Этот метод использует числовые атрибуты сетевого трафика,

такие как статистические параметры и информация на уровне потока. Он позволяет анализировать количественные аспекты сетевых данных.

- Подходы на основе текстовых данных: Здесь применяются методы обработки естественного языка (NLP) для анализа полезной нагрузки пакетов. Текстовая информация может содержать признаки, указывающие на потенциальные угрозы.
- Подходы на основе изображений: Сетевой трафик преобразуется в изображения, которые затем обрабатываются с помощью моделей сверточных нейронных сетей (CNN). Этот подход позволяет извлекать пространственные и временные признаки, что улучшает точность обнаружения атак.

Преобразование сетевого трафика в изображения вдохновлено успехами в анализе вредоносных программ. Исследователи создают изображения из двоичных файлов, обрабатывая каждый байт как пиксель, что позволяет визуально различать различные семейства вредоносного программного обеспечения. Этот подход достиг высокой эффективности в классификации сложных вредоносных программ.

Генерация изображений из признаков сетевого трафика является важным аспектом в обнаружении сетевых атак. Для этого используется подход one hot encoding (ONE), который включает нормализацию и масштабирование объектов в диапазоне от 0 до 255. Этот процесс позволяет кодировать категориальные параметры, генерируя новые атрибуты для каждого возможного значения исходного параметра, тем самым расширяя набор признаков. Каждый элемент одномерного вектора рассматривается как пиксель в оттенках серого, и этот вектор затем преобразуется в матрицу, заполняя пиксели линейно, строка за строкой. Размер получаемого изображения определяется эмпирически на основе размера векторных атрибутов.

Кроме того, существует подход, основанный на использовании необработанных байтов сетевых потоков или пакетов. В этом случае байты напрямую преобразуются в пиксели изображения. Исследования показывают, что этот метод обеспечивает более высокую точность классификации и требует меньше времени для создания изображений. Представление данных на уровне потоков позволяет выявлять пространственные закономерности в сетевом трафике, в то время как анализ на уровне пакетов позволяет извлекать временные закономерности. Также были предложены гибридные подходы, сочетающие оба представления данных.

Анализ научных работ в этой области показывает, что методы, основанные на изображениях, могут давать результаты, сопоставимые с традиционными подходами к обнаружению вторжений. Однако остаются открытыми вопросы, связанные с оптимизацией параметров изображений, включая их размер, методы заполнения пространства и цветовой режим. Необходимо продолжить исследования для оценки влияния этих настроек на эффективность обнаружения сетевых атак.

#### IV. ОБЗОР ВЫБРАННОГО ПОДХОДА

Сбор и обработка сетевых данных являются важными шагами в анализе сетевого трафика. Для сбора данных используется анализатор сетевых пакетов, такой как Wireshark, который сохраняет данные в формате PCAP. Этот формат включает глобальный заголовок и записи захваченных пакетов с их метаданными, такими как временные метки и длина.

Обработка данных PCAP включает разделение их на сетевые потоки с общими свойствами, такими как IP-адреса и порты источника и назначения. На этом этапе также осуществляется анонимизация, при которой удаляются чувствительные данные, такие как MAC- и IP-адреса, чтобы избежать их влияния на результаты анализа.

Процедура создания изображений из сетевых данных включает в себя три важных шага, которые могут повлиять на последующий анализ и точность модели.

Первый шаг — выбор размера изображения. Анализ предыдущих исследований показывает, что оптимальный размер изображения не является универсальным и зависит от конкретной задачи и данных. В данном случае размер изображения будет определяться на основе статистического анализа длин сетевых потоков, что обеспечит соответствие между данными и их визуальным представлением.

Второй шаг — выбор цветового режима. Режим «Оттенки серого» имеет один канал, передающий информацию об интенсивности света, где каждый пиксель представляет уровень серого от 0 (черный) до 255 (белый). Преимущество такого подхода в его простоте и эффективности, так как он не требует извлечения сложных атрибутов, таких как тип протокола или сервиса. Каждый сетевой пакет обрабатывается как последовательность байтов, и значение каждого байта напрямую преобразуется в соответствующий уровень серого.

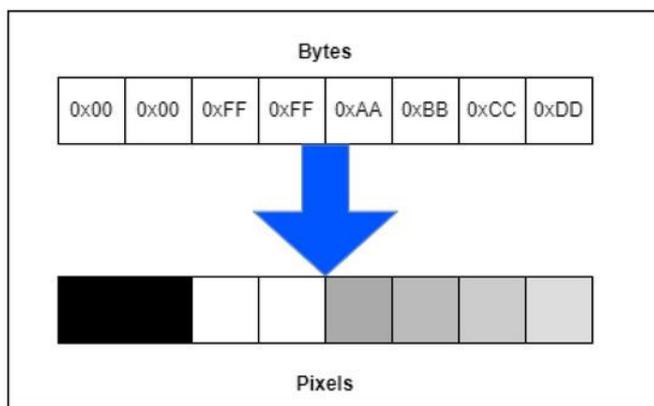


Рис. 2. Кодирование байтов в оттенки серого

Третий шаг – выбор метода заполнения изображения. Этот метод определяет, как сетевые пакеты будут преобразованы в пиксели изображения. Подход, используемый в работе, заключается в том, что каждый пакет интерпретируется как пиксель, и его значение преобразуется в соответствующий уровень серого. Такой метод обеспечивает прямое визуальное представление сетевых пакетов, что позволяет использовать методы

обработки изображений для дальнейшего анализа и обнаружения аномалий.

Существует четыре основных метода заполнения пространства изображения при преобразовании одномерного вектора сетевых данных в двумерную матричную структуру:

1. **Линейное заполнение:** этот метод предполагает простой и последовательный подход к заполнению изображения. Каждый байт сетевого потока преобразуется в пиксель, начиная с верхнего левого угла и перемещаясь по строкам до нижнего правого угла. Линейный метод заполняет изображение строка за строкой, обеспечивая упорядоченное и прямолинейное представление данных.
2. **Спиральное заполнение:** данный метод начинается с границ изображения и движется к центру. Пиксели устанавливаются в четырех направлениях: влево, вниз, вправо, вверх. Спиральный подход заполняет изображение по кругу, создавая спиралевидную траекторию. Этот метод эффективно использует пространство изображения и подходит для визуализации данных, имеющих циклический или последовательный характер.
3. **Зигзагообразное заполнение:** этот метод предполагает перемещение по диагоналям матрицы. Начав с левого края, пиксели устанавливаются влево до тех пор, пока это возможно, затем направление меняется, и движение продолжается вправо. Зигзагообразный подход создает зигзагообразную траекторию, обеспечивая эффективное заполнение пространства изображения. Этот метод может быть полезен для выявления закономерностей или аномалий, которые проявляются по диагонали.
4. **Заполнение матрицы кривой Гилберта:** кривая Гилберта представляет собой непрерывный фрактал заполнения пространства. При использовании этого метода изображение делится на четыре маленьких квадрата, которые последовательно заполняются. Кривая Гилберта обеспечивает эффективное заполнение пространства и часто используется в алгоритмах обработки изображений. Этот метод может быть полезен для выявления структурных особенностей или аномалий в данных.

Каждый из этих методов заполнения предлагает уникальный подход к визуализации сетевых данных и может быть использован для обнаружения аномалий и анализа сетевых атак. Выбор конкретного метода зависит от задач анализа, характеристик данных и визуальных эффектов, необходимых для эффективного обнаружения аномалий.

Таким образом, процедура создания изображений из сетевых данных включает в себя выбор размера изображения, соответствующего характеристикам данных, использование черно-белого режима для простоты и эффективности, и преобразование каждого сетевого пакета в пиксель с соответствующим уровнем серого. Этот подход обеспечивает визуальное представление сетевого трафика, открывая возможности

для дальнейшего анализа и обнаружения аномалий с помощью методов обработки изображений.

Для улучшения обнаружения сетевых атак предлагается использовать признаки Харалика, которые описывают текстуру изображений, полученных из сетевых потоков. Эти признаки позволяют количественно оценить и охарактеризовать внешний вид и структуру данных, что может помочь в последующей классификации сетевых потоков. Интеграция признаков Харалика обеспечивает дополнительную информацию, дополняющую изображения, и может повысить точность классификации и обнаружения атак.

13 признаков Харалика:

1. *Angular\_Second\_Moment* – измеряет локальную однородность уровней серого. Если пиксели очень похожи, значение ASM будет большим
2. *Contrast* – это показатель изменения интенсивности или уровня серого между опорным пикселем и соседним с ним. Большой контраст отражает большие различия в интенсивности в GLCM
3. *Correlation* – показывает линейную зависимость значений уровня серого в матрице GLCM
4. *Variance* – измеряет неоднородность текстуры
5. *Inverse\_Difference\_Moment* – измеряет однородность текстуры
6. *Sum\_Average* – измеряет сумму средних значений всех пикселей
7. *Sum\_Variance* – показатель неоднородности, который сильно коррелирует со статистической переменной первого порядка, такой как стандартное отклонение. Дисперсия увеличивается, когда значения уровня серого отличаются от их среднего значения
8. *Sum\_Entropy* – это показатель неоднородности изображения или сложности текстуры
9. *Entropy* – измеряет случайность интенсивности пикселей
10. *Difference\_Variance* – показатель неоднородности изображения
11. *Difference\_Entropy* – показатель случайности, отсутствия структуры или порядка в контрастности изображения
12. *Information measures of correlation 1, 2* – измеряют корреляции параметров матрицы с использованием различных методов

Эксперименты на модели сверточной нейронной сети показали, что дополнительное использование текстурных признаков Харалика, дало улучшение модели по всем используемым метрикам, по меньшей мере, на 4 %.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе была рассмотрена проблема обнаружения сетевых атак, и предлагается подход распознавания сетевых атак, основанный на преобразовании сетевых данных в изображения с использованием текстурных признаков Харалика. Этот подход позволяет использовать преимущества алгоритмов глубокого обучения для распознавания атак без сложных преобразований трафика или анализа протоколов. Автор проанализировал влияние различных способов заполнения изображений и углов извлечения признаков на эффективность модели. Эксперименты показали, что предложенный метод достигает высокой точности обнаружения атак, сравнимой с классическими методами глубокого обучения, но при этом требует меньших вычислительных ресурсов. Таким образом, данный подход является перспективным решением для систем защиты сетей от кибератак, обеспечивая эффективное и экономичное обнаружение атак независимо от используемых протоколов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Image-Based Approach to Intrusion Detection in Cyber-Physical Objects [Электронный ресурс.] – URL: <https://www.mdpi.com/2078-2489/13/12/553> (дата обращения: 15.05.24).
- [2] SeNet-I: An Approach for Detecting Network Intrusions through Serialized Network Traffic Images [Электронный ресурс.] – URL: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4370422](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4370422) (дата обращения: 15.05.24).
- [3] Generating realistic cyber data for training and evaluating machine learning classifiers for network intrusion detection systems [Электронный ресурс.] – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417422011757> (дата обращения: 15.05.24).
- [4] Statistical analysis of images using Haralick textural feature formulas [Электронный ресурс.] – URL: <https://github.com/thathegdegirl/haralick-textural-feature-analysis-1/tree/master> (дата обращения: 15.05.24).
- [5] Statistical Analysis of Haralick Texture Features to Discriminate Lung Abnormalities [Электронный ресурс.] – URL: <https://www.hindawi.com/journals/ijbi/2015/267807/> (дата обращения: 15.05.24).
- [6] CICFlowmeter-V4.0 [Электронный ресурс.] – URL: <https://github.com/ahlashkari/CICFlowMeter> (дата обращения: 15.05.24).
- [7] Водочистительный полигон SWaT [Электронный ресурс.] – URL: <https://mlad.kaspersky.ru/vodochistitelnyj-poligon-swat/> (дата обращения: 15.05.24).
- [8] Интернет-трафик [Электронный ресурс.] – URL: [https://rt-solar.ru/products/solar\\_webproxy/blog/3944/](https://rt-solar.ru/products/solar_webproxy/blog/3944/) (дата обращения: 15.05.24).
- [9] Cyber Attack [Электронный ресурс.] – URL: <https://www.imperva.com/learn/application-security/cyber-attack/> (дата обращения: 15.05.24).
- [10] Web Server and its Types of Attacks [Электронный ресурс.] – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/web-server-and-its-types-of-attacks/> (дата обращения: 15.05.24).

# Разработка ИИ-ориентированной системы сопровождения для веб-сайтов

А. М. Новосельцев, Н. О. Шошков, В. А. Гевондян

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

novoseltsev7g21@icloud.com

**Аннотация.** В данной статье рассматривается применение технологий искусственного интеллекта для ассистированного сопровождения посетителей веб-сайтов. Подход позволяет не только улучшить пользовательское взаимодействие на сайтах, но также и проводить анализ значительных объемов информации для их посетителей. В качестве конкретного примера представлено создание ассистента для интеллектуального поиска данных на веб-сайте СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Выбор данного учебного заведения не случаен: студенты и абитуриенты активно используют веб-технологии, а наличие эффективной системы сопровождения на сайтах образовательных учреждений играет критическую роль в привлечении их внимания и удержании интереса.

**Ключевые слова:** ИИ-ассистент, искусственный интеллект, интеллектуальный поиск, OpenAI

## I. АКТУАЛЬНОСТЬ

Внедрение технологий искусственного интеллекта в различные практические сферы деятельности продолжает оставаться одним из ключевых и наиболее перспективных направлений современной науки и технологий. В современную эпоху глобального информационного общества актуальной является проблема привлечения внимания пользователей к своему контенту, повышение качества обслуживания посетителей веб-сайтов и сокращение времени поиска нужной информации пользователями. Данная разработка направлена на улучшение взаимодействия пользователей с веб-сайтами, предлагает новаторские решения для эффективной обработки больших объемов данных в условиях бизнес-среды. Учитывая постоянно растущее проникновение технологий искусственного интеллекта во все большее число областей, включая образование, наше применение данной технологии для поддержки абитуриентов вузов представляет собой инновационный подход. Этот подход не только способствует повышению качества обслуживания пользователей, но и значительно укрепляет конкурентные преимущества образовательной организации в условиях стремительно развивающейся цифровой среды.

## II. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА ОТ OPENAI

OpenAI предлагает широкий спектр инструментов для создания высокоэффективных и адаптируемых решений в области искусственного интеллекта. Платформа значительно упрощает процесс разработки и тренировки различных моделей ИИ, предоставляя мощные возможности для их интеграции в веб-сайты с помощью API. Эти инструменты позволяют разработчикам не только ускорить процесс внедрения ИИ в свои проекты, но и обеспечивать высокую адаптивность решений к изменяющимся условиям эксплуатации и пользователям, что является ключевым преимуществом на современном рынке технологий. Для этого компания Open AI разработала функцию ассистированного сопровождения.

## III. ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМУ OPENAI

В качестве практического примера использования искусственного интеллекта в этом исследовании, мы интегрировали данные с веб-сайта СПбГЭТУ «ЛЭТИ» для подключения нашего Ассистента. Эта система, как показано на рис. 1, поддерживает загрузку и обработку файлов в разнообразных форматах, таких как ".pdf", ".docx", ".pptx" и другие. Весь процесс обработки и анализа данных происходил на серверах OpenAI, обеспечивая тем самым высокую производительность и эффективность работы системы.

Тем не менее, следует особое внимание уделить вопросам безопасности, особенно когда речь идет о хранении и обработке конфиденциальной информации. Система позволяет настраивать специальные правила обработки данных через пользовательский интерфейс сайта, что дает возможность контролировать доступ и использование информации. В данной разработке настройки были сконфигурированы таким образом, чтобы Ассистент выступал в роли 35-летнего профессора из университета «ЛЭТИ». Этот виртуальный персонаж придерживается строгих академических рамок: он излагает учебный материал и отвечает на вопросы строго в рамках предоставленных текстов, используя при этом исключительно русский язык. Это подход позволяет создать уникальное и насыщенное взаимодействие, которое полностью соответствует академическому контексту, обеспечивая при этом высокую степень персонализации и вовлеченности пользователей.

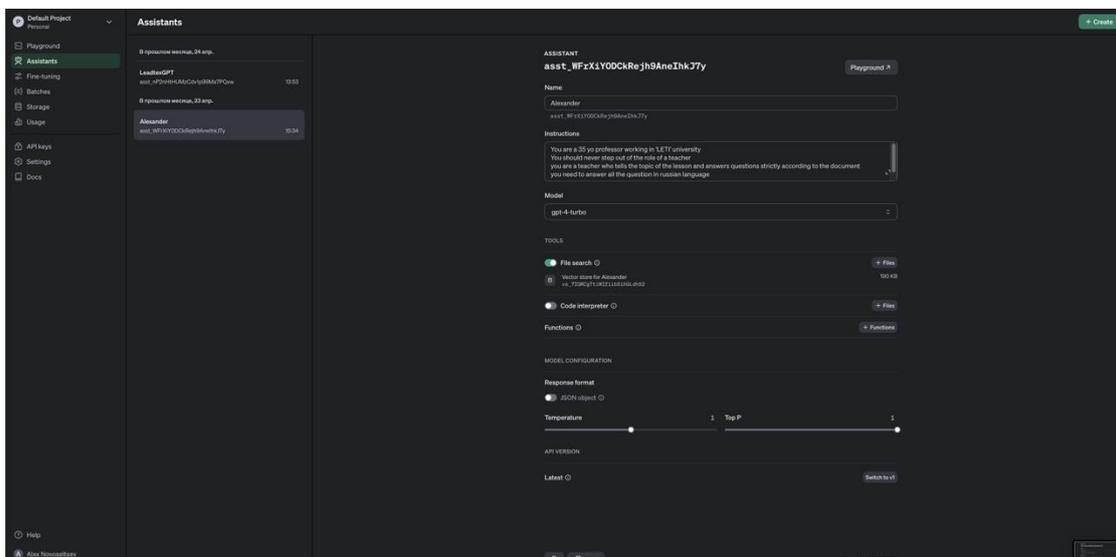


Рис. 1. Настройка ассистента в окне взаимодействия OpenAI

#### IV. ОКНО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С АССИСТЕНТОМ ЧЕРЕЗ ВЕБ-САЙТ

Процесс взаимодействия с ассистентом полностью интегрирован в пользовательский интерфейс веб-сайта СПБГЭТУ «ЛЭТИ», как это показано на иллюстративном примере (рис. 2). Для удобства пользователей, окно чата с ассистентом уместно расположено в правом нижнем углу экрана, где оно не перекрывает основной контент сайта, но всегда доступно для немедленной помощи и поддержки. Это решение делает ассистента легко доступным, не нарушая при этом общую навигацию по сайту.

Как только пользователи заходят на сайт, они сразу же замечают угловое окно чата, где их приветствует ассистент. Интерфейс чата разработан так, чтобы быть максимально простым и функциональным, облегчая пользователям процесс адаптации и позволяя им эффективно взаимодействовать с системой. Это интуитивное средство коммуникации значительно упрощает взаимодействие пользователей с сайтом.

Выбор сайта СПБГЭТУ «ЛЭТИ» для демонстрации интеграции и функциональности системы обработки данных не случаен. Этот образовательный ресурс идеально подходит для показа, как современные технологии искусственного интеллекта могут улучшить поддержку и обслуживание пользователей. С помощью продвинутых функций ИИ ассистент не только обрабатывает запросы, но и создает условия для диалога, максимально приближенного к общению с живым человеком.

Такой подход к взаимодействию с ассистентом делает процесс более персонализированным и продуктивным. Интеллектуальная обработка данных позволяет системе не только отвечать на конкретные вопросы, но и адаптироваться к индивидуальным потребностям каждого пользователя, значительно улучшая опыт взаимодействия с веб-платформой. Это превращает систему в мощный инструмент для повышения удовлетворенности пользователей и их вовлеченности в использование ресурсов сайта.

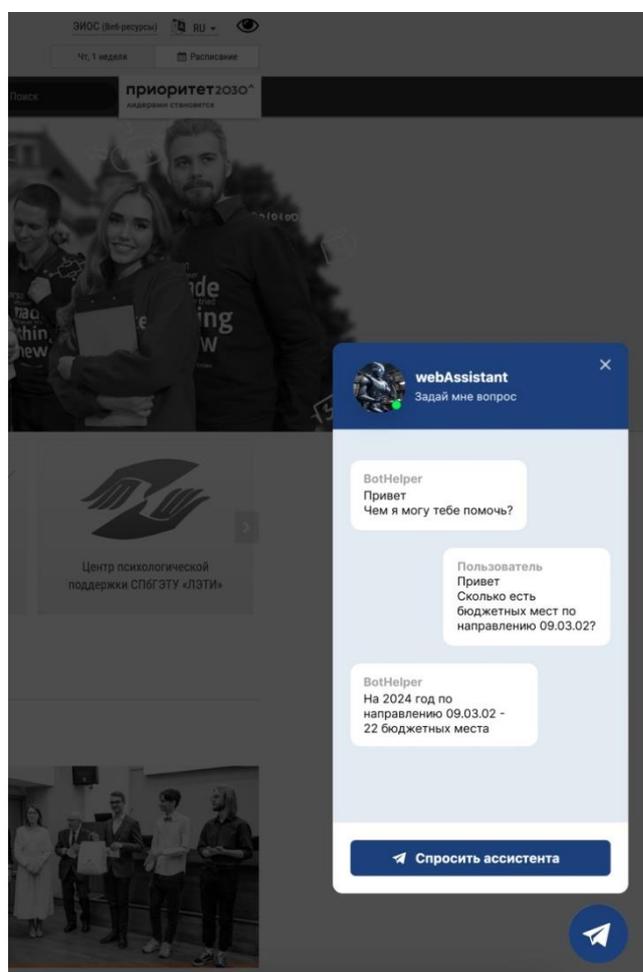


Рис. 2. Окно взаимодействия с ассистентом на сайте СПБГЭТУ «ЛЭТИ»

#### V. СЦЕНАРИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ С АССИСТЕНТОМ ЧЕРЕЗ TELEGRAM

В дополнение к веб-платформе, интеграция с ассистентом также доступна непосредственно через мессенджер Telegram, что демонстрируется на рис. 3.

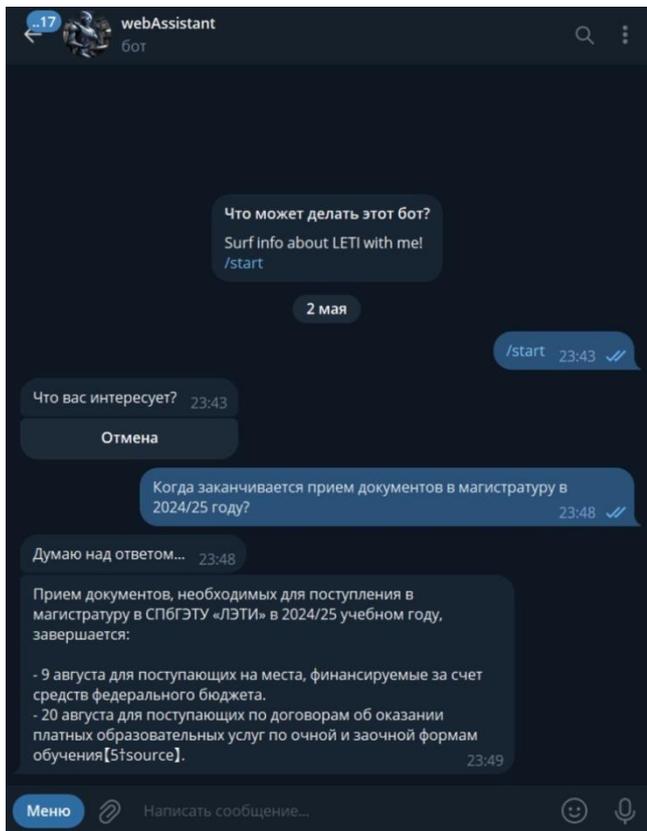


Рис. 3. Окно взаимодействия с ассистентом через Telegram

#### А. Стартовый экран и активация ассистента

На начальном этапе пользователи попадают на стартовый экран, где для активации ассистента необходимо использовать команду /start. Это действие инициирует ввод в систему диалогов, создавая начальную точку для взаимодействия с ассистентом.

#### В. Выбор действий и навигация

После активации через команду /start, ассистент предлагает пользователю две основные опции для выбора: начать новый диалог или продолжить предыдущий. Для удобства выбор осуществляется посредством кнопок, расположенных в нижней части интерфейса. Это решение не только упрощает навигацию, но и обеспечивает гибкость и персонализацию процесса общения. Опция «Продолжить предыдущий диалог» позволяет возобновить разговор с того места, где он был прерван, в то время как опция «Начать новый диалог» предоставляет возможность начать общение заново, не учитывая предыдущий контекст.

#### С. Взаимодействие и обработка запросов

После того как пользователь выбирает желаемое действие, ассистент приглашает задать вопрос, начиная с фразы: «Что вас интересует?» Это действие открывает поле для ввода, где пользователи могут указать свои запросы, например, запросить информацию о сроках приема документов для поступления в магистратуру. Ассистент анализирует запрос и предоставляет ответ, который не только точен, но и максимально приближен к естественному человеческому общению. Например, пользователь получает точные даты окончания приема документов для различных категорий кандидатов.

Мессенджер предлагает выдающуюся возможность для плавного и интуитивно понятного общения между пользователем и ассистентом, значительно улучшая общий пользовательский опыт. Она делает процесс взаимодействия не только более эффективным, но и приятным, усиливая вовлеченность пользователей и повышая их удовлетворенность от использования ресурсов веб-платформы.

### VI. НАСТРОЙКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЕРВИСОВ

Для интеграции Telegram с платформой OpenAI используется комплекс внешних сервисов, включая конструктор чат-ботов LeadTex.ru и no-code платформу для автоматизации бизнес-процессов Make.com. Это позволяет организовать эффективное взаимодействие и управление данными между системами.

#### А. Использование сервиса LeadTex

На рис. 4 показан алгоритм работы сервиса LeadTex. В этом процессе ключевую роль играет функция уведомления на сайт или сервис webhook [2], который служит триггером для начала обработки данных. Система принимает входящий webhook, активирующий последовательность задач. Эти задачи включают управление потоком данных, их проверку на соответствие заданным параметрам и перенаправление запросов в следующий сервис для дальнейшей обработки.

#### В. Интеграция с сервисом Make.com

Продолжение процесса обработки данных происходит через сервис Make.com, как демонстрируется на рис. 5. Эта диаграмма взаимодействия на Make.com иллюстрирует, как данные перемещаются от исходной точки приема через различные этапы обработки. Эти этапы включают вызовы функций и обработку ответов до того, как результаты отправляются обратно в LeadTex. Make.com играет центральную роль в этом процессе, принимая данные от LeadTex, обрабатывая их с использованием алгоритмов OpenAI и возвращая обработанные результаты обратно.

#### С. Значение для пользователей

Интеграция этих сервисов предоставляет мощную систему для обработки запросов и взаимодействия, улучшая функциональность и скорость обслуживания конечных пользователей. Использование внешних сервисов позволяет обеспечить более гладкую и эффективную интеграцию, значительно увеличивая возможности ассистента на базе Telegram в обработке и предоставлении данных в режиме реального времени. Это делает взаимодействие пользователя с системой более интуитивным и удобным, что способствует повышению общего уровня удовлетворенности пользователей.



Рис. 4. Карта взаимодействия с проектом на make.com

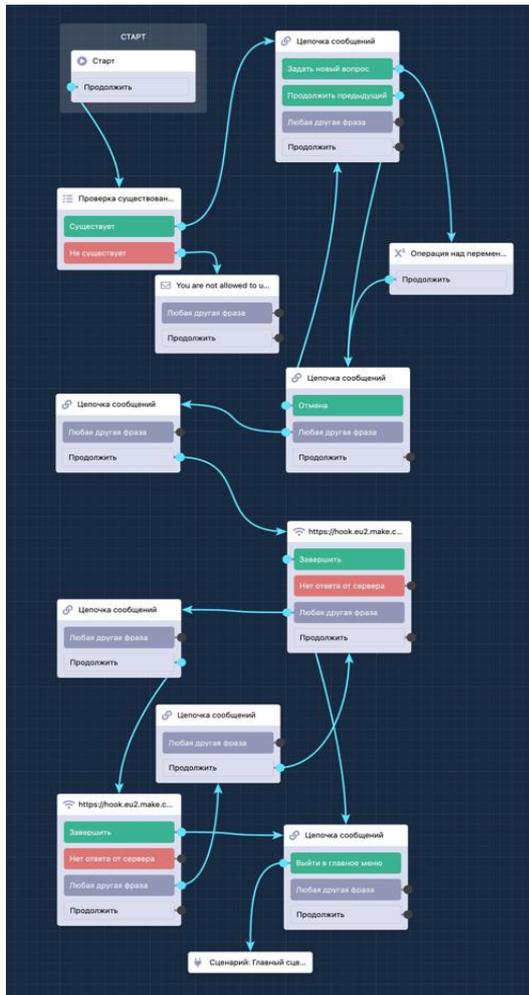


Рис. 5. Карта взаимодействия с конструктором LeadTex

## VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье мы подробно рассмотрели, как новые технологии на основе искусственного интеллекта и no-code платформы для разработки чат-ботов и автоматизации бизнес-процессов могут радикально улучшить пользовательский опыт на интернет-платформах и значительно ускорить обработку данных. Разработка интеллектуального ассистента на базе технологий OpenAI является ярким примером потенциала ИИ в создании продвинутых инструментов для веб-среды. Использование ИИ не только улучшает взаимодействие пользователей с сайтами, но и расширяет возможности в аналитике и персонализации услуг, что открывает новые перспективы для прогресса в области цифровых технологий.

Внедрение ИИ в управление веб-ресурсами может кардинальным образом изменить существующие подходы, делая интерфейсы более интуитивно понятными и отзывчивыми к потребностям пользователей. Это не только улучшает общий пользовательский опыт, но и предоставляет компаниям мощные инструменты для оптимизации их онлайн-платформ. Разработка таких систем, как показано в этой статье, подчеркивает важность технологий искусственного интеллекта в создании более эффективных и удобных цифровых сред, что делает их крайне важными для дальнейшего развития отрасли.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Дьяченко С.В., Мороз Д.С. Искусственный интеллект. Применение глубокого обучения для решения прикладных задач. [электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-primeneniye-glubokogo-obucheniya-dlya-resheniya-prikladnyh-zadach/viewer>
- [2] Что такое вебхук и как его [электронный ресурс]. – URL: <https://www.marquiz.ru/blog/chto-takoe-vebhuk-i-kak-ego-ispolzovat#:~:text=В%20чем%20разница%20между%20API%20и%20вебхуками,-API%20и%20вебхуки&text=API%20используется%20для%20активного%20запроса,интеграции%20и%20взаимодействия%20между%20приложениями.> (Дата обращения 20.05.2024).

# Проектирование программного решения для оптимизации процесса найма сотрудников

Е. А. Пекло, А. А. Артамонов, И. Ю. Карпий

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

lizapeklo02042002@gmail.com

**Аннотация.** В настоящее время управление человеческими ресурсами является важнейшей частью процесса работы любой организации. Одной из главных задач, относящихся к данной сфере деятельности, является подбор квалифицированных сотрудников, который, в свою очередь, несомненно, требует подходящих технических средств, позволяющих менеджерам по кадрам более эффективно выполнять поиск, привлечение и отбор соответствующих кандидатов. В данной работе предлагается программное решение для автоматизации процесса найма сотрудников, которое будет являться полезным инструментом для специалистов по управлению персоналом, позволяющим повысить производительность их работы, исключив из нее многие рутинные действия.

**Ключевые слова:** автоматизация, программное обеспечение, проектирование, подбор персонала, соискатель, вакансия, резюме

## I. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире компании заинтересованы в найме на работу наиболее квалифицированных сотрудников. Функцию подбора подходящих соискателей на вакантные места выполняют менеджеры по управлению персоналом, чья деятельность включает в себя использование различных технических средств для выполнения поиска и привлечения кандидатов на работу. В процессе подбора персонала специалисту по кадрам необходимо не только взаимодействовать с несколькими видами программного обеспечения, но реализовывать многие задачи вручную. Данная проблема требует разработки подходящего программного продукта, позволяющего автоматизировать рутинные задачи менеджера по персоналу в контексте процесса найма сотрудников.

Целью данного доклада является представление проекта программного решения для автоматизации рутинных задач специалистов по подбору персонала, объединяющего в себе основные компоненты программных средств, используемых в рамках данного процесса, а также предоставляющего удобный визуальный интерфейс, соответствующий современным тенденциям, для комфортной работы.

## II. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Необходимо привести несколько определений, раскрывающих основные понятия, связанные с исследуемой предметной областью.

Подбор персонала (рекрутмент) – это деятельность специалиста по управлению персоналом, направленная

на поиск и привлечение соискателей для трудоустройства на вакантные рабочие места.

Соискатель (кандидат на работу) – претендент на занятие рабочей позиции в компании.

Вакансия – свободное служебное место, должность, на которую подбирается новый сотрудник.

Для корректной постановки задачи необходимо определить рутинные задачи, выполнение которых подлежит автоматизации, и выявить основные механизмы, внедрение которых позволит сделать процесс найма сотрудников более эффективным.

- На первом этапе процесса подбора персонала осуществляется описание вакансии, включающей основную информацию о рабочей позиции, на которую подбирается сотрудник, и связанных с ней требований. На основании данных требований в дальнейшем будет производиться отбор подходящих резюме соискателей. Поэтому необходимо предусмотреть в проектируемом приложении возможность создания вакансии, которая должна совмещать в себе, как функцию описания рабочей позиции для публикации на различных платформах, так и функцию фильтра, задающего параметры поиска соответствующих резюме.
- Второй этап включает в себя непосредственно поиск резюме соискателей, удовлетворяющих требованиям вакансии. Менеджер по персоналу вручную осуществляет подбор резюме на доступных платформах, таких как сайты для поиска работы и социальные сети. Таким образом, необходимо предусмотреть механизм для автоматического сбора и систематизации данных из различных источников, однако, сохранив при этом возможность ручного ввода. Отобранные резюме кандидатов необходимо хранить в базе данных, предоставляя доступ к ней посредством визуального интерфейса. Данные должны подлежать добавлению, изменению и удалению.
- На третьем этапе процесса подбора персонала менеджер занимается привлечением ранее отобранных кандидатов для участия в дальнейшем конкурсе. Для данной цели используются различные средства связи такие как, телефон, мессенджеры, социальные сети, электронная почта. Ввиду чего, внедрение автоматизированной рассылки с применением шаблонов также является важным функциональным компонентом проектируемого приложения.

Кроме того, процесс найма сотрудников содержит в себе набор задач (тестирований и собеседований), позволяющий оценить уровень профессиональных и коммуникативных навыков кандидата на работу. Для более удобного согласования дат и времени данных встреч, необходимо предусмотреть в проектируемом продукте механизм автоматизированного планирования с участием виртуального помощника. Данный виртуальный помощник или чат-бот должен быть реализован с использованием доступных соискателям мессенджеров, например, Telegram или ВКонтакте.

### III. ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Чтобы разрабатываемое приложение имело актуальность у специалистов по персоналу, оно должно в чем-либо превосходить существующие аналоги, вбирая в себя лучшие идеи от каждого из рассматриваемых продуктов.

В ходе анализа существующих систем для рекрутинга [1] были выявлены некоторые недостатки данных программных средств, которые необходимо учесть в процессе проектирования разрабатываемого продукта:

- Во-первых, данные системы ориентированы на использования рекрутинговыми агентствами, что не всегда подходит для работы специалистов отдела по кадрам в рамках компании;
- Во-вторых, исследованные системы, по сведениям их пользователей, недостаточно надежны, поскольку отмечаются сбои в их работе;
- В-третьих, большинство подобных систем имеют устаревший графический интерфейс, который затрудняет работу пользователей.

На основании выявленных недостатков были сформированы требования к проектируемому приложению. Для корректной работы проектируемое

приложение должно соответствовать техническим требованиям, приведенным в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОДУКТУ

Название	Описание
Обеспечение безопасности и целостности данных	Приложение должно быть защищено от доступа к данным со стороны посторонних лиц
Кроссплатформенность	Приложение должно корректно работать с разными операционными системами (Windows и Linux)
Расширяемость	Необходимо предусмотреть гибкость изменения приложения при добавлении дополнительных функциональных и структурных блоков
Удобство интерфейса	Приложение должно обладать простым и дружелюбным графическим интерфейсом;
Эстетическая привлекательность	Визуальный интерфейс должен быть оформлен в спокойном стиле, комфортном для работы пользователя
Интеграция с платформами для поиска и привлечения персонала	Для сбора информации о соискателях и поддержания дальнейшей связи
Синхронизация работы пользователей	Приложение должно обеспечивать синхронизацию работы с данными при обращении к ним нескольких пользователей

### IV. ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Перед началом разработки программного продукта необходимо спроектировать диаграммы, опираясь на заявленные требования.

Диаграмма вариантов использования в UML (UseCase diagram) [2] — диаграмма, отражающая отношения между акторами и прецедентами и являющаяся составной частью модели прецедентов, позволяющей описать систему на концептуальном уровне.

На рис. 1 представлена диаграмма прецедентов, отображающая основные возможности пользователя приложения.

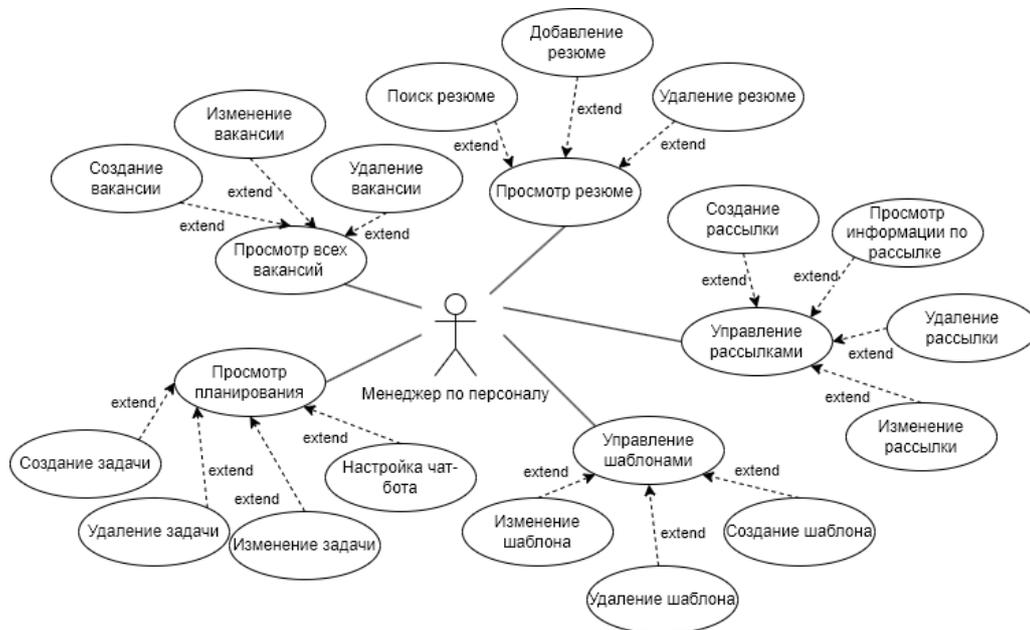


Рис. 1. Диаграмма прецедентов

Опишем переключение окон интерфейса схемой. На рис. 2 описаны переключения между окнами приложения.

На рис. 3 представлена общая схема архитектуры проектируемого приложения.

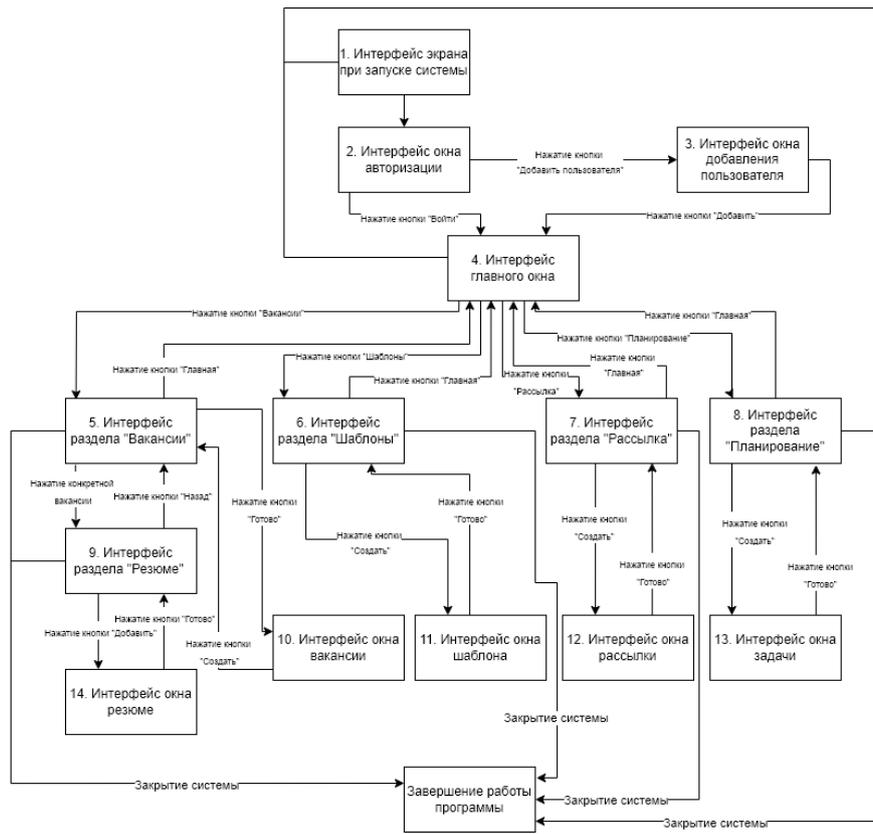


Рис. 2. Диаграмма диалогов

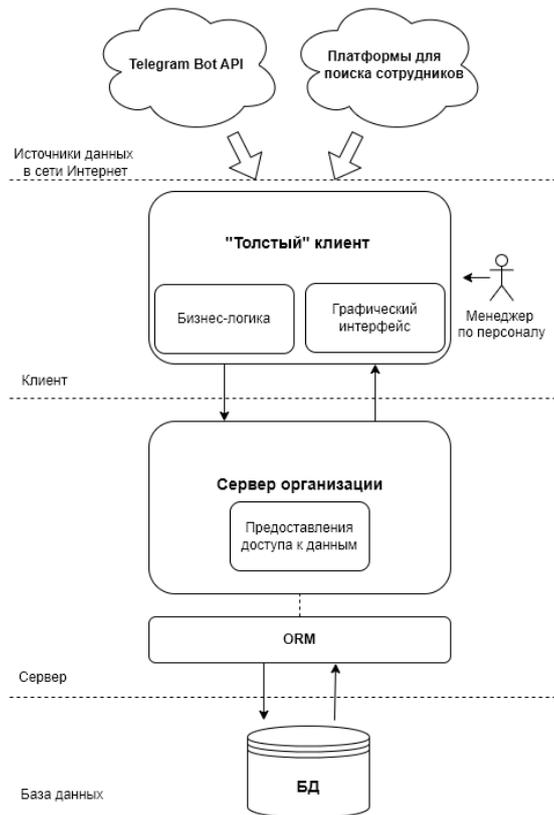


Рис. 3. Схема архитектуры приложения

Как показано на схеме, в приложении предлагается организовать клиент-серверную архитектуру. Этот механизм позволяет обеспечить безопасный и синхронизированный доступ к информации из базы данных сразу нескольким пользователям. Пользовательское приложение должно быть реализовано в виде «толстого» клиента [3], включающего весь основной функционал, сервер же используется только для доступа к данным.

## V. ОПИСАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Для реализации проектируемого приложения предлагается использовать язык программирования Python [4], основными преимуществами которого являются:

- гибкость и простота использования;
- интерпретируемый ЯП;
- поддерживает объектно-ориентированную парадигму, использование методологии которой позволяет создавать удобно расширяемые приложения;
- обеспечивает кроссплатформенность десктопных приложений, так как обладает достаточной гибкостью и имеет множество библиотек и дополнительных инструментов непосредственно для ведения кроссплатформенной разработки.

Для реализации описанных механизмов автоматизации в соответствии с указанными требованиями предложены следующие технические средства, информация о которых отражена в табл. 2.

ТАБЛИЦА II. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Названия	Применение
СУБД PostgreSQL [5]	Данная система управления базами данных применима для безопасного и целостного хранения и систематизации данных
Библиотека SQLAlchemy [6]	Данная библиотека языка Python служит для работы с СУБД с использованием технологии ORM
Библиотека PyQt [7]	Данная библиотека предоставляет широкий функционал для проектирования визуального интерфейса и поддерживает кроссплатформенность приложений
Библиотеки python-telegram-bot [8] и asyncio [9]	Данные библиотеки языка Python применимы для реализации виртуального собеседника в рамках механизма автоматизированного планирования
Модуль Socket [10]	Данный модуль применяется для организации взаимодействия пользователей с базой данных в локальной сети

## VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном докладе проведено исследование процесса найма сотрудников на работу в контексте работы специалиста по кадрам, выявлены рутинные задачи, требующие автоматизации. Главным итогом работы является проект программного решения, оптимизирующего деятельность менеджера по подбору персонала. Механизмы автоматизации, подробно описанные с помощью диаграммы и схем, составленных по заявленным требованиям, позволяют грамотно реализовать проектируемый продукт. Для самой реализации также предложены современные, удобные и надежные технические средства, подобранные с учетом всех требований.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаем благодарность нашему научному руководителю Шестопалову Михаилу Юрьевичу, доктору технических наук, за важные советы при поиске материала и рекомендации по оформлению статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] РЕЙТИНГ CRM-СИСТЕМ 2024 [Электронный ресурс]. URL: <https://crmindex.ru/>. (07.04.2024).
- [2] Диаграмма прецедентов – Википедия [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Диаграмма\\_прецедентов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Диаграмма_прецедентов). (15.04.2024).
- [3] Difference between Thin clients and Thick clients [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-thin-clients-and-thick-clients/>. (16.04.2024).
- [4] Our documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://www.python.org/doc/>. (17.04.2024).
- [5] PostgreSQL: Documentantion [Электронный ресурс]. URL: <https://www.postgresql.org/docs/>. (20.04.2024).
- [6] SQLAlchemy Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.sqlalchemy.org/en/20/>. (20.04.2024).
- [7] Qt for Python documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://doc.qt.io/qtforpython-5/contents.html>. (20.04.2024).
- [8] python-telegram-bot.org v21.1.1 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.python-telegram-bot.org/en/v21.1.1/> (21.04.2024).
- [9] asyncio – Asynchronous I/O [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.python.org/3/library/asyncio.html> (21.04.2024).
- [10] Socket – Low-level networking interface [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.python.org/3/library/socket.html> (23.04.2024).

# Реализация программного обеспечения по автоматизации работы с клиентами онлайн-школ

Д. С. Плесовских, И. Ю. Карпий

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

dmitriy.plesovskih@gmail.com

**Аннотация.** Доклад охватывает важные аспекты разработки и внедрения программного обеспечения (ПО) для автоматизации работы с клиентами в онлайн-школах. В контексте современного онлайн-образования, эффективное управление клиентскими данными и автоматизация процессов взаимодействия с учениками играют решающую роль в обеспечении успешного функционирования образовательных учреждений. Цель данного доклада заключается в представлении концепции, разработки и применения программного решения, способного оптимизировать управление клиентской базой и повысить эффективность взаимодействия между участниками образовательного процесса.

**Ключевые слова:** оценка труда, программирование, комплексная задача, разработка сложной технической системы, трудоемкость

## I. ВВЕДЕНИЕ

Современное онлайн-образование переживает быстрый рост, становясь все более популярным форматом обучения. В условиях этого роста эффективное управление клиентскими данными и автоматизация процессов взаимодействия с учениками становятся ключевыми аспектами успешной деятельности онлайн-школ. В связи с этим разработка и внедрение программного обеспечения (ПО) для автоматизации работы с клиентами приобретает особую актуальность.

Цель данного доклада заключается в представлении концепции, разработки и внедрения программного обеспечения (ПО) для эффективного управления клиентской базой и оптимизации процессов взаимодействия с учениками в онлайн-школах. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью совершенствования инструментов управления и взаимодействия в условиях быстро меняющегося образовательного пространства.

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В контексте современного онлайн-образования, где управление клиентскими данными и автоматизация процессов взаимодействия с учениками играют ключевую роль, возникает необходимость в разработке программного обеспечения для эффективного управления клиентской базой и оптимизации взаимодействия с участниками образовательного процесса в онлайн-школах. В этом контексте ставятся следующие задачи:

- Разработка программного обеспечения (ПО), обеспечивающего управление клиентской базой и ведение сделок в онлайн-школах. Система должна

позволять администраторам школы вносить и хранить контактную информацию учеников, группировать их по различным критериям (например, уровень подготовки, курсы и другие параметры), а также фиксировать сделки с указанием детальной информации о курсах, уроках и группах, к которым относятся ученики.

- Реализация функционала управления уроками и группами. ПО должно позволять планировать, распределять и отслеживать уроки по группам, назначать преподавателей, контролировать посещаемость и успеваемость учеников, а также осуществлять другие аспекты управления уроками и группами.
- Выбор оптимальных технологий и платформ для реализации программного обеспечения. Это включает в себя обзор различных баз данных, языков программирования и фреймворков с целью выбора технологий, наиболее подходящих для решения поставленных задач.
- Описание архитектуры системы. Необходимо определить структуру программного обеспечения, включая клиентскую и серверную части, а также описать взаимодействие между компонентами системы.
- Разработка интуитивно понятного и удобного интерфейса пользователя для всех категорий пользователей: администраторов, преподавателей и учеников.

Эти задачи ставятся перед командой разработчиков с целью создания программного обеспечения, способного значительно улучшить управление клиентской базой и процессы взаимодействия с учениками в онлайн-школах, что приведет к повышению качества обслуживания клиентов и эффективности работы школ.

## III. РЕШЕНИЕ

Благодаря спринтам команды могут следовать agile-принципу «частой поставки рабочего программного обеспечения», а также реализовать agile-задачу «реагирования на изменения в соответствии с планом». Установки scrum – прозрачность, проверка и адаптация – дополняют agile-методику и играют главную роль в концепции спринтов.

Стоит отметить, что процесс решения любой задачи отличается в зависимости от способа решения и сотрудника, который эту задачу выполняет. Это значит, что каждая задача должна быть проанализирована и оценена по сложности, чтобы понять, кому ее выгоднее всего назначить.

Продолжительность выполнения задачи  $T$  складывается из ряда составляющих, которые можно описать двумя ключевыми факторами – сложностью задачи  $C$  и компетенцией сотрудника  $A$ , который ее выполняет:

$$T = C \cdot A \quad (1)$$

Для подсчета этих критериев предлагается использовать следующую методику. На собрании по планированию спринта руководитель проекта выполняет следующие действия:

Разработчикам на обозрение в системе контроля проектов предлагается задача и ее оценка по трудности выполнения. Все разработчики дают оценку количества часов, необходимых для выполнения задачи, после чего система собирает эти оценки и выбирает две – самую худшую и самую лучшую. Двоим сотрудниками, которые являются авторами этих оценок, предлагается описать свой вариант решения задачи. Они его записывают в форму. Далее система еще раз отправляет задачу на обозрение но уже с предполагаемыми вариантами решения. Все разработчики дают оценку с учетом анализа, после чего система собирает эти оценки и вычисляет среднее значение времени выполнения.

Формула определения сложности задачи:

$$C = \sum_{i=1}^n t_i / n$$

где  $C$  – итоговая оценка сложности задачи,  $t_i$  – оценка сложности задачи от каждого участника, а  $n$  – количество участников в оценке.

Таким образом, происходит достаточно справедливая оценка сложности задачи, которая позволяет понять, сколько времени стоит выделить на ее решение.

У каждого разработчика в команде разная продуктивность, и, естественно, необходимо это учитывать. Для этих целей нужно создать профиль разработчика, в котором отражается (оценка) его эффективности. Оценка основывается на предыдущем опыте работы, и ее основная цель – дать понятную характеристику, по которой можно оценить скорость и качество выполнения задачи сотрудником.

Общая продуктивность разработчиков в проекте – скорость команды – представлена на рис. 2 и отражает ее производительность и помогает руководителю определить количество задач, которые команда может выполнить за неделю.

Для этого предусмотрена история каждого сотрудника и система оценки его производительности.

Карточка сотрудника, формируя оценку, будет учитывать результаты работы сотрудника за последние  $X$  месяцев. За каждую задачу сотруднику начисляется  $N$  баллов (от 0 до 10). Оценка зависит от таких параметров:

- $t$  = Скорость выполнения, Оценка 1-10 и вес. коэф. 1
- $q$  = Качество выполненной задачи, оценка 1-10 и вес. коэф. 0.8
- $c$  = Проверки выполненной задачи, оценка 1-10 и вес. коэф. 0.6\*

Веса можно и необходимо адаптировать под конкретные требования организации, использующей методику.

Итоговая оценка:

$$A = \sum_{j=1}^3 w_j \cdot p_j,$$

где  $A$  – итоговый скоринг производительности,  $w_j$  – весовой коэффициент каждого критерия,  $p_j$  – баллы, полученные по каждому критерию

Длительность истории работы сотрудника, которая лежит в основе его оценки, выбрана в размере двух месяцев. Этот период позволяет нам оценить текущую динамику производительности, учитывая недавние улучшения или изменения в работе. За последние два месяца можно заметить значимые изменения в качестве и скорости выполнения задач, что дает достаточно информации для объективной оценки. Короткий временной промежуток выбран для того, чтобы акцентировать внимание на последних достижениях сотрудников и их текущем вкладе в команду, не упуская из вида их потенциальное развитие и возможности для дальнейшего улучшения.

ТАБЛИЦА I. ПРИМЕР РЕЙТИНГА ЗАДАЧ

Название задачи	Оценка, часов
Планирование архитектуры приложения	5
Разработка нового функционала	8
Тестирование и отладка кода	6
Обновление документации	1

После оценки сложности задач, которые предстоит выполнить за неделю, составляется рейтинг задач, который выводится руководителю проекта. Вместе с этим в системе можно наблюдать рейтинг сотрудников, а также их текущую занятость, чтобы наглядно увидеть, кому стоит назначить какую задачу.

Система предоставляет функционал автоматического распределения задач между сотрудниками с учетом их текущей занятости. Распределение задач базируется на алгоритме, который начинается с выбора наиболее эффективного сотрудника. Затем, в ходе итерации по списку задач от наиболее сложных к простым, происходит назначение задач. Каждый сотрудник располагает лимитом в семь сторипоинтов в неделю и индивидуальным коэффициентом производительности  $A$ . Общий потенциал сотрудника для выполнения задач рассчитывается по формуле  $P = 7 \cdot A$ .

В итоге, свободные высококвалифицированные сотрудники получают наиболее сложные задачи, а при наличии дополнительного времени – менее сложные задачи.

При сопоставлении задачи и сотрудника система будет предлагать автоматически срок  $T$ , необходимый для решения задачи данным программистом по формуле (1). Руководитель может опереться на эту оценку для принятия решения о времени, необходимом для решения задачи сотрудником.

В конце каждого спринта система собирает статистические данные, которые затем могут быть

проанализированы для выявления тенденций и принятия соответствующих мер по улучшению

производительности команды на следующем этапе.

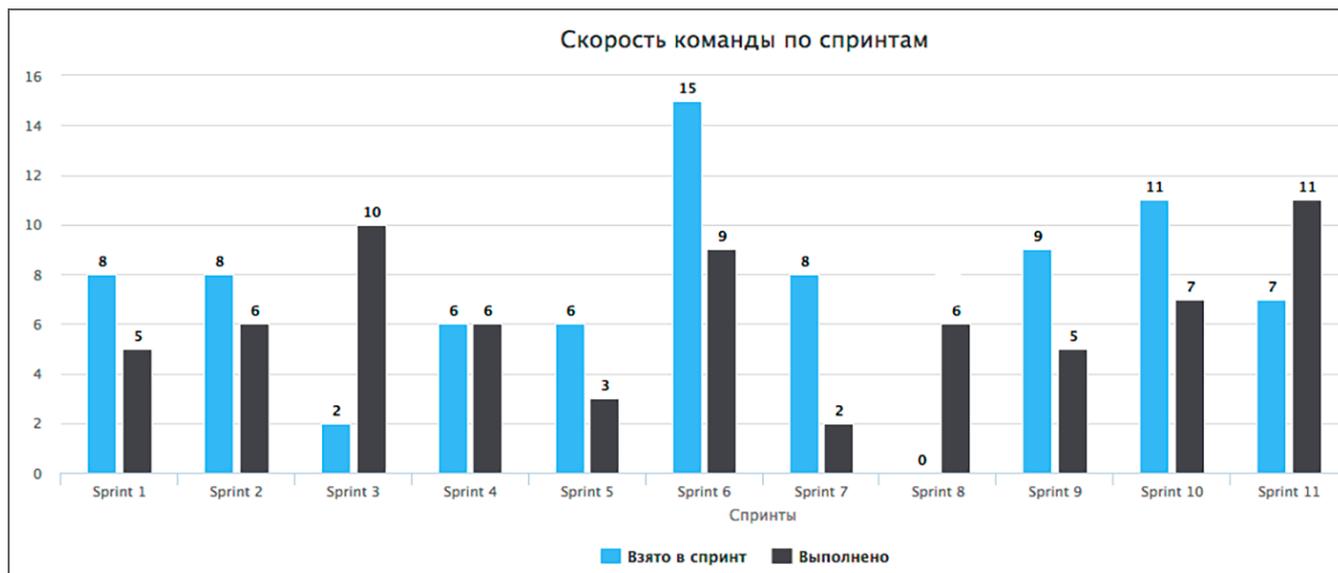


Рис. 2. Скорость команды по спринтам

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный доклад охватывает ключевые аспекты разработки и внедрения программного обеспечения (ПО) для автоматизации работы с клиентами в онлайн-школах. В условиях современного онлайн-образования, где управление клиентскими данными и автоматизация взаимодействия с учениками играют важную роль, создание такого ПО становится крайне актуальным.

Целью данного исследования было представить концепцию, разработку и применение программного решения, направленного на оптимизацию управления клиентской базой и повышение эффективности взаимодействия между участниками образовательного процесса. Основываясь на описанных в докладе функциональных возможностях ПО, можно ожидать улучшения качества обслуживания клиентов и повышения эффективности работы онлайн-школ.

Поставленные задачи перед командой разработчиков включают в себя разработку программного обеспечения, выбор оптимальных технологий, архитектуру системы и разработку удобного интерфейса пользователя. Решение этих задач в соответствии с принципами и подходами,

изложенными в докладе, способно значительно улучшить управление клиентской базой и процессы взаимодействия с учениками, что в итоге приведет к повышению качества образовательного процесса в онлайн-школах.

#### БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаем благодарность нашему научному руководителю Шестопалову Михаилу Юрьевичу, доктору технических наук, за важные советы при поиске материала и рекомендации по оформлению статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Вопросы. Гипотезы. Ответы: наука XXI века / Л.А. Грачева, Ю.А. Извеков, Л.А. Михолап, Л.В. Обьедкова, Т.В. Опейник, М.С. Пантелеева, А.И. Поспеловская, Д.В. Поспеловский, А.В. Старусев: кол. моногр. Краснодар, 2017. Кн. 15. 144 с.
- [2] Лобейко В.И. Современные подходы к организации испытаний сложных систем. Астрахань: Астраханский университет, 2006. 332 с.
- [3] Atlassian [Электронный ресурс]. URL: <https://www.atlassian.com/ru/agile/scrum/sprints>
- [4] Сазерленд Д.Д. Scrum на практике. Высокая продуктивность и результаты — прямо сейчас. Agile на практике. Издательство Манн, Иванов и Фербер. 2022. С. 105.

# Использование открытых архитектур для создания ПЛК при помощи стандарта IEC 61499

К. С. Пушков

*Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

otezknstn@gmail.com

Ф. Д. Бысов

*Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

byssov@vk.com

**Аннотация.** В промышленном производстве существует множество производителей ПЛК, что вносит ограничения для модернизации. Это связано с тем, что ПЛК разных производителей часто не совместимы друг с другом, что затрудняет интеграцию новых устройств в существующие системы. В данной статье предлагается решение этой проблемы путем реализации ПЛК на ARM-процессоре. ARM-процессоры являются открытой архитектурой, что позволяет разработчикам создавать ПЛК, совместимые с устройствами разных производителей. Кроме того, в статье реализован сервер для эффективного взаимодействия между ПЛК и другими устройствами. Этот сервер позволяет ПЛК обмениваться данными друг с другом, а также с другими устройствами в сети, такими как датчики, исполнительные механизмы и SCADA-системы.

**Ключевые слова:** IEC 61499, системы промышленной автоматизации, OPC UA, ПЛК

## I. ВВЕДЕНИЕ

Стандарт IEC 61131 получил широкое признание в области промышленной автоматизации. Однако он не отвечает новым требованиям, предъявляемым к сложным промышленным системам, таким как переносимость, интероперабельность, возможность повторного использования и распространения.

Рассматривается реализация ПЛК на основе Raspberry Pi 4 с использованием стандарта IEC 61499. Для максимальной совместимости этого ПЛК был создан универсальный сервер OPC UA MIO, обеспечивающий взаимодействие с другими ПЛК.

В работе анализируется влияние различных настроек сервера, таких как частота опроса и количество подключенных ПЛК, на общую производительность системы.

Таким образом, статья представляет собой комплексное исследование, посвященное использованию открытых архитектур для создания ПЛК при помощи стандарта IEC 61499.

## II. ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В промышленной автоматизации существует множество различных производителей ПЛК (программируемых логических контроллеров). Это приводит к ряду проблем, таких как:

- Несовместимость: ПЛК разных производителей не всегда совместимы друг с другом, что затрудняет их интеграцию в единую систему.

- Ограниченная функциональность: ПЛК разных производителей могут иметь ограниченный набор функций, что не всегда соответствует всем требованиям проекта.
- Высокая стоимость: ПЛК от известных производителей могут быть очень дорогими, что увеличивает затраты на проект.

## III. РАЗНИЦА СТАНДАРТОВ IEC 61131 И IEC 61499

Стандарты IEC 61131 и IEC 61499 различаются и дополняют друг друга. IEC 61131 определяет языки программирования ПЛК, тогда как IEC 61499 предназначен для моделирования распределенных систем управления. IEC 61499 расширяет возможности IEC 61131, позволяя моделировать и распространять приложения автоматизации независимо от оборудования, что предоставляет большую свободу в выборе поставщиков.

IEC 61499 не определяет конкретный язык программирования, и программы могут быть написаны, например, на C++. Программирование в IEC 61499 схоже с SFC в IEC 61131, что упрощает графическое представление. Стандарт IEC 61499 также добавляет событийно-ориентированную парадигму и компонентный подход к автоматизации, что улучшает конвергенцию OT и IT-систем и позволяет более эффективно проектировать модульные машины и системы.

Преимущество управления событиями в IEC 61499 заключается в возможности выбирать, какие части приложения должны запускаться при определенных событиях, что улучшает производительность и использование системы. Автоматическое распределение управляющей логики по различным аппаратным средствам управления возможно только с помощью управления событиями.

## IV. ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В процессе развития цифровых технологий важную роль играет разнообразие протоколов передачи данных. В качестве примера ниже описаны основные используемые протоколы

Modbus- популярный протокол прикладного уровня, обеспечивающий связь между клиентом и сервером, используемый в системах промышленной автоматизации.

Существует несколько спецификаций протокола Modbus:

- Modbus RTU - протокол последовательной связи, использующий двоичное представление данных. Этот протокол требует низкой пропускной способности и низкой задержки.
- Modbus ASCII – требует больше времени на передачу данных, но обеспечивает большую устойчивость, к условиям шумной среды.
- Modbus в сети RS-485 – данный протокол позволяет подключить выше двухсот устройств в единую сеть, что делает систему более устойчивой.

К преимуществам использования протокола относится:

- Есть возможность передачи типов данных через различные типы интерфейсов.
- Простота в настройке и интеграции в проекты.
- Дешевизна интеграции в системы.

OPC – это набор повсеместно принятых спецификаций, предоставляющих универсальный механизм обмена данными и взаимодействия между различными системами контроля и управления. Аббревиатура OPC традиционно расшифровывается как OLE for Process Control.

Основное преимущество OPC сервера является возможность объединения в единый узел систем, функционирующих на разных платформах, но поддерживающий стандарт OPC.

Протокол OPC включает несколько стандартов, который описывает определенный набор функций. Ниже представлены наиболее распространенные стандарты:

- OPC DA – предоставляет набор функций для обмена данными с реальным временем между устройствами
- OPC HDA – предоставляет доступ уже к записанным данным в системе
- OPC UA – самая последняя спецификация, которая основана не на технологии Microsoft COM, что позволяет кроссплатформенную совместимость. OPC UA использует различные методы шифрования для достижения безопасного соединения.

В качестве дальнейшей интеграции OPC сервера, перспективным решением является развитие OPC UA, который обеспечивает обмен информации в режиме реального времени между различными устройствами и сможет обеспечить безопасную передачу данных, из-за используемых средств для шифрования.

Преимущество распределенной системы от использования протокола OPC UA является то, что возможно содержать несколько клиентов и серверов. Каждый клиент может работать параллельно при помощи нескольких серверов, и каждый сервер может обрабатывать несколько клиентов, как показано на рис. 1.

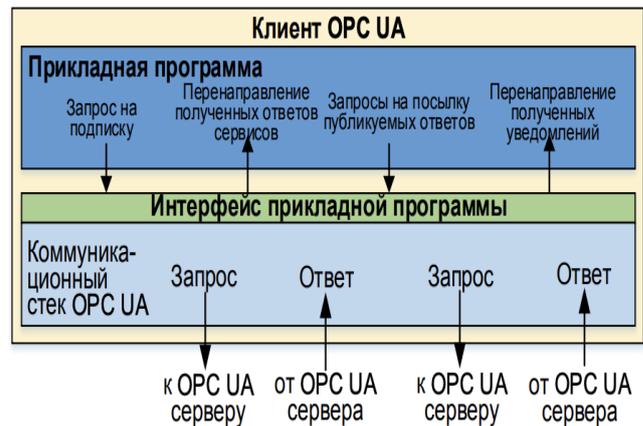


Рис. 1. Реализация клиентской программы, работающая в стандарте OPC UA

## V. РАЗРАБОТКА ПЛК С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДЫ 4DIAC FORTE

Eclipse 4diac™ предоставляет инфраструктуру с открытым исходным кодом для распределенных систем измерения и управления промышленными процессами, основанную на стандарте IEC 61499. 4diac включает в себя: среду разработки (4diac IDE), среду выполнения (4diac FORTE), библиотеку функциональных блоков и примеры проектов.

4diac FORTE – это небольшая портативная реализация среды выполнения IEC 61499, предназначенная для небольших встраиваемых устройств управления (16/32 разрядных), реализованная на C++. Он поддерживает оперативную реконфигурацию своих приложений и возможность выполнения в режиме реального времени всех типов функциональных блоков, предусмотренных стандартом IEC 61499.

Рассматриваемая в статье задача заключается в портировании среды исполнения IEC 61499 Eclipse 4diac FORTE на операционную Raspbian на Raspberry Pi 4 model B.

Создадим проект в 4diac IDE для работы с GPIO на raspberry PI.

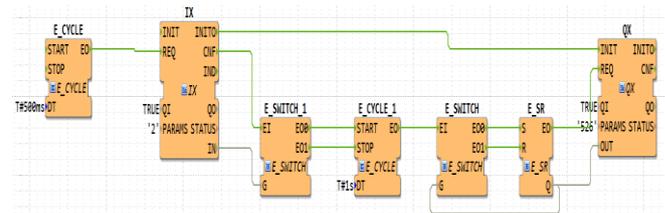


Рис. 2. Пример программы, реализованной при помощи стандарта IEC 61499

Ввод данных PARAMS в FB IX и QX определяет, какой вывод следует использовать. Приложение также содержит функциональные блоки E\_CYCLE и E\_SWITCH (которых нет в руководстве по миганию). Первый генерирует событие каждые 500 мс. Таким образом, блок IX будет проверять аппаратный вход каждые полсекунды, если сигнал изменился. E\_SWITCH\_0 запускает или останавливает действие, в зависимости от выходных данных IN функционального блока IX.

Для реализации аналоговых входов и выходов в Raspberry Pi P, можно использовать интерфейсы I2C (Inter-Integrated Circuit) и SPI (Serial Peripheral Interface). Оба интерфейса позволяют подключать к Raspberry Pi различные аналоговые устройства, такие как АЦП (аналого-цифровые преобразователи) и ЦАП (цифро-аналоговые преобразователи).

4diac предоставляет библиотеки для работы с различными устройствами I2C и SPI, а также имеет возможность написать их самостоятельно. Эти библиотеки упрощают разработку программного обеспечения для чтения аналоговых сигналов с датчиков, управления аналоговыми исполнительными механизмами и других задач, связанных с аналоговыми сигналами.

## VI. ВНЕДРЕНИЕ ПЛК НА ОСНОВЕ ARM ПРОЦЕССОРА В СИСТЕМУ

Учитывая растущие темпы современных производственных возможностей, необходимо учесть, что внедрение и эксплуатация ПЛК реализованный на ARM процессоре и внедрение его в системы управления может повысить темпы производственных мощностей и уменьшить затраты на производство. В нынешних реалиях существует большое разнообразие контроллеров работающие при помощи протокола Modbus. Для решения проблемы по несовместимости протоколов ПЛК, является созданием шлюзов и преобразованием протоколов, которые могут преобразовывать данные из одного протокола в другой.

В данном концепте, как показано на рис. 3, систему можно сконфигурировать таким образом, что все данные с устройств собираются при помощи протокола Modbus TCP/IP, обеспечивающая высокую передачу данных и при правильной настройке безопасность соединения. Все данные собираются в единую для всех устройств базу данных. Чтобы передать данные из Modbus в OPC UA сервер, необходима промежуточная система для преобразований данных, для того чтобы сервер смог их обработать. Для этого нужно настроить Modbus таким образом, чтобы он работал в качестве OPC UA клиента, база данных в данной системе служит прослойкой, неким шлюзом.

Благодаря этому подходу ПЛК и другие приложения, такие как SCADA системы, имеют доступ к обработанным данным.

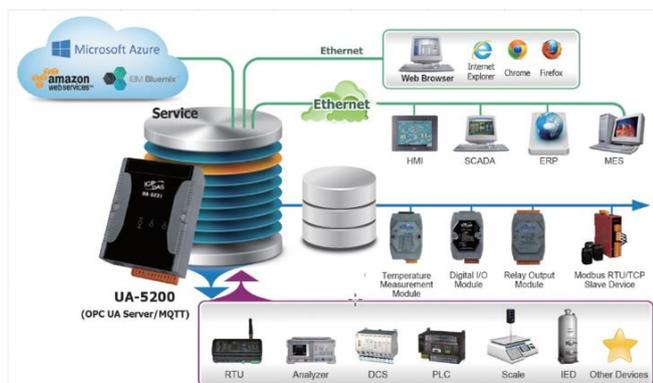


Рис. 3. Реализация концепта системы

## VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы были рассмотрены стандарт IEC 61499, портирован 4diac FORTE на Raspberry Pi 4 model B. IEC 61499 и 4diac FORTE на Raspberry Pi – это мощные инструменты, которые могут революционизировать разработку промышленных систем управления. Благодаря своей модульности, повторному использованию, масштабируемости, наглядности и стандартизации IEC 61499 упрощает разработку сложных систем, а 4diac FORTE на Raspberry Pi делает разработку и тестирование систем управления более экономичным и доступным. Для полной интеграции ПЛК с другими ПЛК был разработан универсальный OPC UA сервер. Такой подход интеграции является ключевым элементом для создания централизованной системы наблюдения и контроля за производственными процессами на предприятиях. Ключевым моментом является трансформация информации из базового формата Modbus в более сложную и защищенную структуру OPC UA, что значительно увеличивает надежность управленческой системы. Это облегчает процесс мониторинга и способствует формированию более взвешенных управленческих решений на различных уровнях управления предприятием.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Iec I. E. C. 61131-3: Programmable controllers—part 3: Programming languages // International Standard, Second Edition, International Electrotechnical Commission, Geneva. 2003. Т. 1. С. 2003.
- [2] Thraboullidis K. Design alternatives in the IEC 61499 function block model //2006 IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation. IEEE, 2006. С. 1309-1316.
- [3] Eclipse 4diac™: сайт. URL: <https://eclipse.dev/4diac/index.php> (дата обращения: 1.05.2024)
- [4] FBDK: сайт. URL: <http://www.holobloc.com/doc/fbdk/> (дата обращения: 1.05.2024)
- [5] Денисенко В. Протоколы и сети Modbus и Modbus TCP // Современные технологии автоматизации. 2010. Т. 4. С. 90-94.
- [6] Сокольников Р.В., Богданов Д.Ю., Акуленко А.Е. Обзор OPC-серверов // Вестник научных конференций. ООО Консалтинговая компания Юком, 2015. №. 3-5. С. 157-159.
- [7] Пермитин Б.В. Обзор технологий OPC-серверов и OPC-туннелей // РОССИЯ МОЛОДАЯ. 2020. С. 211109.1-211109.5.
- [8] Козак Н.В., Аль-Вади О. Расширение коммуникационных возможностей систем управления на основе кроссплатформенной реализации протокола OPC UA // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2018). 2018. С. 8.

# Разработка и сравнение моделей определения порога анаэробного обмена на основе биохимического анализа при выполнении нагрузочного тестирования

А. Р. Стаськова

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

AnnaStascova@yandex.ru

**Аннотация.** В данной работе построены модели предсказания порога анаэробного обмена у спортсменов при выполнении нагрузочного тестирования на беговой дорожке. Для построения были выбраны два метода: биохимический и респираторный. Для построения модели первым методом были выбраны алгоритмы с использованием решающих деревьев. средняя относительная ошибка регрессионной модели составила 14%, а точность предсказания модели классификации составила 50%. Для построения модели респираторным способом были выбраны алгоритмы с использованием линейной регрессии. Значение средней абсолютной ошибки модели составило 24.81.

**Ключевые слова:** ПАНО; дерево решений; классификация; регрессия; биохимия; лактатный порог; лаг; нагрузочное тестирование; кислород, углекислый газ

## I. ВВЕДЕНИЕ

Порог анаэробного обмена (ПАНО) представляет собой точку, когда энергетический метаболизм в мышцах переходит от преимущественно аэробного к анаэробному гликолитическому пути для синтеза АТФ. Это уровень интенсивности физической нагрузки, при котором концентрация лактата в крови начинает резко возрастать из-за увеличения скорости его образования по сравнению со скоростью его утилизации. Уровень ПАНО у спортсмена является показателем его выносливости. Например, чем выше ПАНО, тем выше способность спортсмена развивать скорость без накопления молочной кислоты при занятиях циклическими видами спорта. Уровень ПАНО значительно разнится в зависимости от уровня физической подготовки: у новичков он составляет примерно 65–75 % от максимальной частоты сердечных сокращений (ЧСС), в то время как у хорошо подготовленных спортсменов лактатный порог находится на уровне около 85–95 % от максимальной ЧСС.

Самые точные методы определения ПАНО проводятся в лаборатории, под наблюдением специалиста, который отслеживает данные по дыханию и крови спортсмена. Такие тесты требуют от спортсмена выполнения большого объема физической нагрузки. Кардиореспираторное нагрузочное тестирование (КАРЕН-тест) для оценки уровня ПАНО трудоемкое, требует использования дорогостоящего оборудования, спортсменам необходимо корректировать подготовку для их прохождения.

КАРЕН-тесты так же широко применяют для установки диагнозов у больных хроническими заболеваниями легких (такие как пневмония и астма), а также для мониторинга состояния раковых больных.

Определение ПАНО для пациентов служит показателем его выносливости и готовности к операциям. [1].

Но как было сказано ранее, КАРЕН-тест требует от испытуемого выполнения сложных физических нагрузок, поэтому тяжел для больных людей.

В статье [2] предлагается альтернативный тест для оценки адаптации организма к физическим нагрузкам. Так же в [3] рассматриваются вопросы предсказания ПАНО на основе методов машинного обучения.

Таким образом целью данного исследования стало найти метод, который будет соответствовать точности лабораторных исследований, но будет требовать меньше нагрузки от испытуемого.

## II. МОДЕЛЬ БИОХИМИИ

Для построения моделей были использованы результаты клиничко-лабораторных исследований спортсменов (МСV, МСНС, КФК, креатинин, АСТ, АЛТ, мочевины и другие) и показатель уровня ПАНО (время достижения), определенного на основе ступенчатого теста на беговой дорожке. Всего было проведено 47 тестов.

На первом этапе был проведен анализ корреляции для оценки взаимосвязи между временем возникновения ПАНО и другими параметрами. Построена матрица корреляции, которая представлена на рис. 1.

Наибольшее положительное значение корреляции Пирсона наблюдается у следующих параметров: средний объем эритроцитов (МСV) со значением 0.27, показатель насыщения эритроцитов гемоглобином (МСНС) со значением 0.22, а также фермент, ответственный за биоэнергетику мышечных сокращений (КФК) со значением 0.16. С другой стороны, наибольшую обратную корреляцию с ПАНО демонстрируют следующие параметры: креатинин с коэффициентом -0.34, аланинаминотрансфераза (АЛТ) с коэффициентом -0.33, мочевины с коэффициентом -0.29 и АСТ с коэффициентом -0.24.

Для оценки нелинейной зависимости между параметрами был выбран максимальный информационный коэффициент (англ. MICS – maximal information coefficient), который способен улавливать нелинейные взаимосвязи. Коэффициент MICS оценивает зависимость между двумя переменными, разбивая

множество различными способами и выбирая из этих разбиений «наилучшее», путем вычисления взаимной информации [4]. Наибольшее значение коэффициента MICS: креатинин 0.37, мочевины 0.33, АСТ 0.31, треонин 0.31.

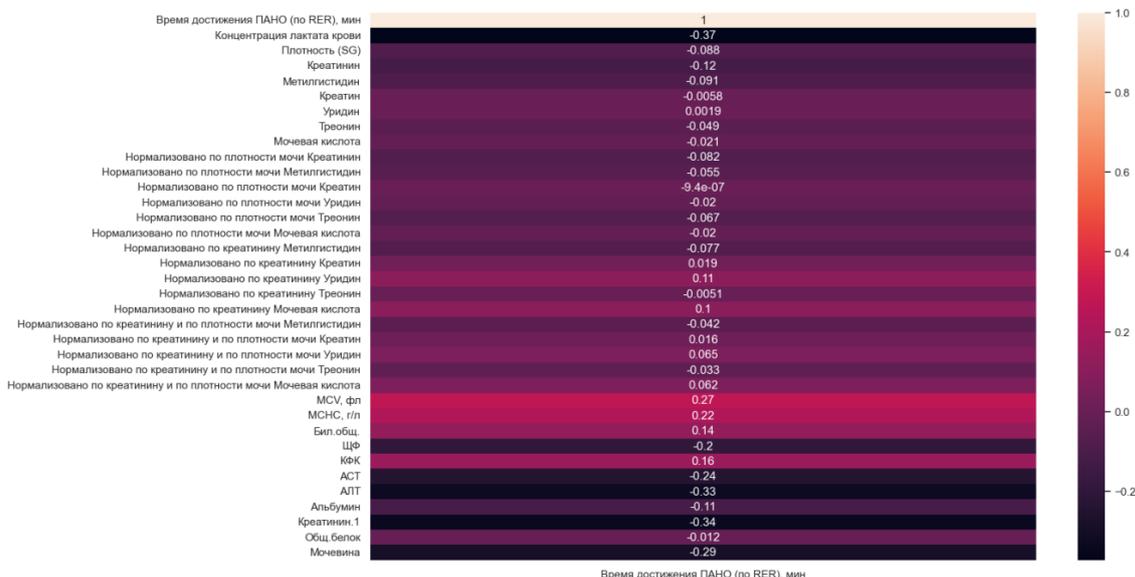


Рис. 1. Матрица корреляции

#### А. Построение регрессионной модели предсказания ПАНО

На текущем этапе исследований была создана модель регрессии для прогнозирования ПАНО с использованием метода дерева решений. Выбор этого алгоритма обусловлен необходимостью понимания работы модели в данной задаче. Из-за ограниченного объема выборки

тестирование модели проводилось с использованием перекрестной проверки (cross-validation). Было вычислено среднее абсолютное процентное отклонение MAPE (mean absolute percentage error). Значение MAPE на перекрестной проверке составило 14 %. Структура построенного дерева решений показана на рис. 2.

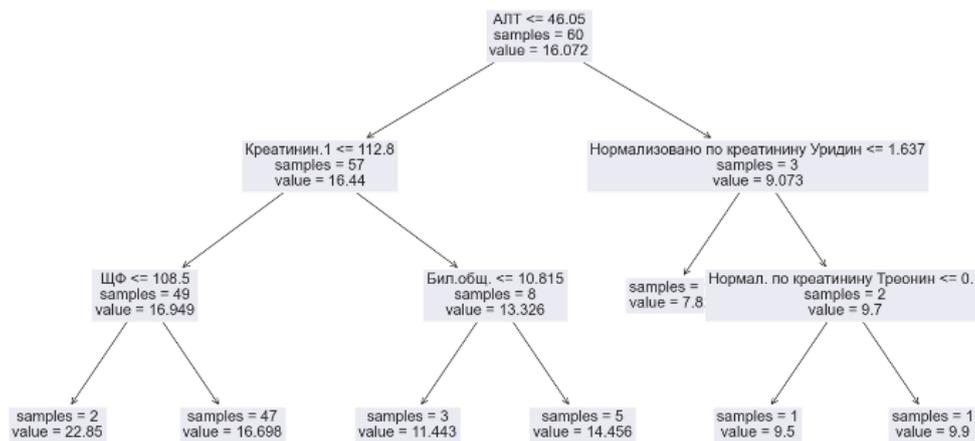


Рис. 2. Регрессионная модель предсказания ПАНО

#### В. Построение классификационной модели предсказания ПАНО

На втором этапе исследований задача регрессии была сведена к задаче классификации. Для этого была введена новая переменная, соответствующая классу значения «время достижения ПАНО»:

- Класс 1 (время достижения ПАНО <15,76 мин) – низкая работоспособность.

- Класс 2 (время ПАНО от 15,76 до 17,15 мин) – средняя работоспособность.
- Класс 3 (время ПАНО >17,15 мин) – высокая работоспособность.

Далее данные были представлены в трехмерном пространстве с помощью алгоритма равномерной аппроксимации и проекции многообразия (англ. uniform manifold approximation and projection, UMAP). Результаты представлены на рис. 3.

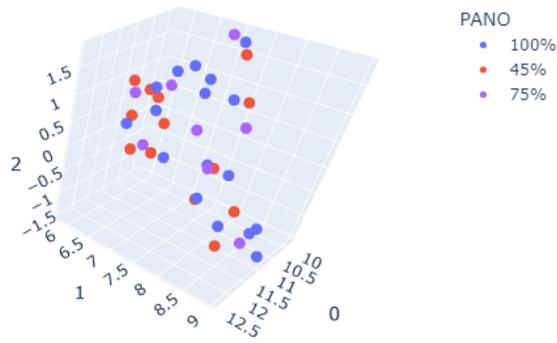


Рис. 3. Визуализация UMAP по всем параметрам

Удаление избыточных признаков помогает улучшить производительность модели, повысить ее точность и упростить интерпретацию. Это особенно важно при использовании древовидных методов, так как излишнее количество признаков может привести к переобучению. Для выбора наиболее важных признаков была применена более сложная модель дерева с использованием градиентного бустинга над решающими деревьями, чтобы выделить ключевые параметры. Затем была построена модель на основе дерева решений. На перекрестной проверке точность работы модели классификации составила 50%. Структура дерева решений для задачи классификации представлена на рис. 4.

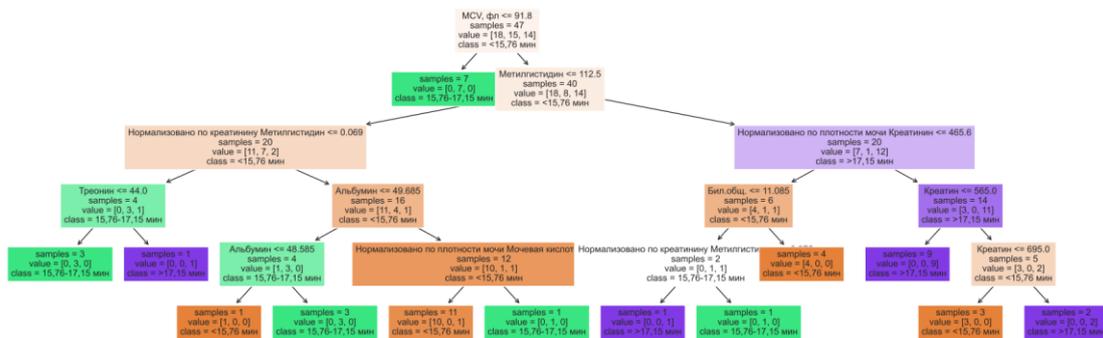


Рис. 4. Модель классификации на основе дерева решений

### III. РЕСПИРАТОРНАЯ МОДЕЛЬ

Для построения модели были проанализированы результаты кардиореспираторного нагрузочного тестирования (1495 исследований) на спортсменах в возрасте  $24.66 \pm 3.97$  лет и массой тела  $77.11 \pm 10.60$  кг. КАРЕН-тест предусматривал выполнение ступенчато-возрастающей нагрузки на беговой дорожке: нагрузка на первой ступени 5 км/ч, длительность первой и последующих ступеней 2 минуты, на каждой ступени увеличение нагрузки составляла 1,5 км/ч, нагрузка выполнялась до индивидуального максимума.

Данные после нагрузочного тестирования были предоставлены в виде таблиц, со следующими показателями:

- Time – текущее время тестирования.
- HR - частота сердечных сокращений, уд/мин.
- V\_O2 – объем потребления кислорода, мл/мин.
- V\_CO2 – объем выделение углекислого газа, мл/мин
- RER – респираторный коэффициент, является отношение O2/CO2.

Данный процесс включал анализ данных с использованием гистограмм и графиков для изучения взаимосвязей между переменными, а также очистку данных с применением метода межквартильного интервала (IQR). Для оценки разброса значений и изменчивости данных были рассчитаны стандартное отклонение и среднее значение. Затем была построена корреляционная матрица для выявления линейных связей между показателями. Наибольшее положительное значение коэффициента корреляции Пирсона составило

0.99 между объемом выделяемого углекислого газа (VCO2) и объемом поглощаемого кислорода (VO2). Эти параметры были выбраны для дальнейшего анализа, так как они играют важную роль в других исследованиях по оценке уровня физической активности, и на них была построена модель. Матрица корреляции изображена на рис. 5.

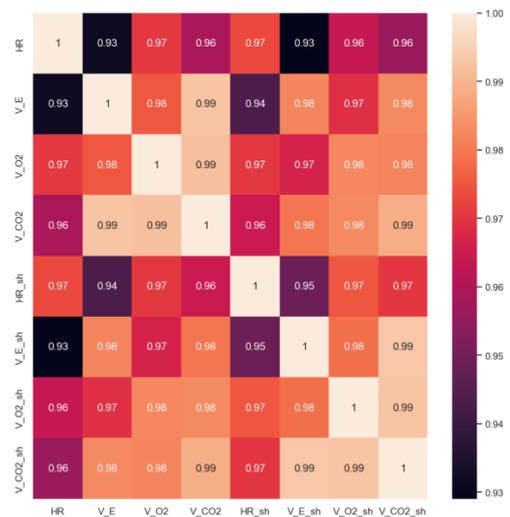


Рис. 5. Матрица корреляции

Для создания модели был применен метод определения физической активности по дыхательному коэффициенту, основанный на измерении отношения объема выдыхаемого углекислого газа к объему вдыхаемого кислорода во время физической нагрузки. Для этого использовалась линейная регрессия. Для определения порядка построения модели и взаимосвязей

между наблюдениями во временном ряду и предыдущими точками применялась частичная автокорреляция. [5]

После определения лагов (временных интервалов, на которые запаздывает воздействие фактора на текущее

состояние процесса), была разработана модель линейной регрессии, основанная на смещении. Этот статистический метод используется для прогнозирования неизвестных данных на основе другого связанного и известного набора данных. [6] Процесс построения модели показан на рис. 6.

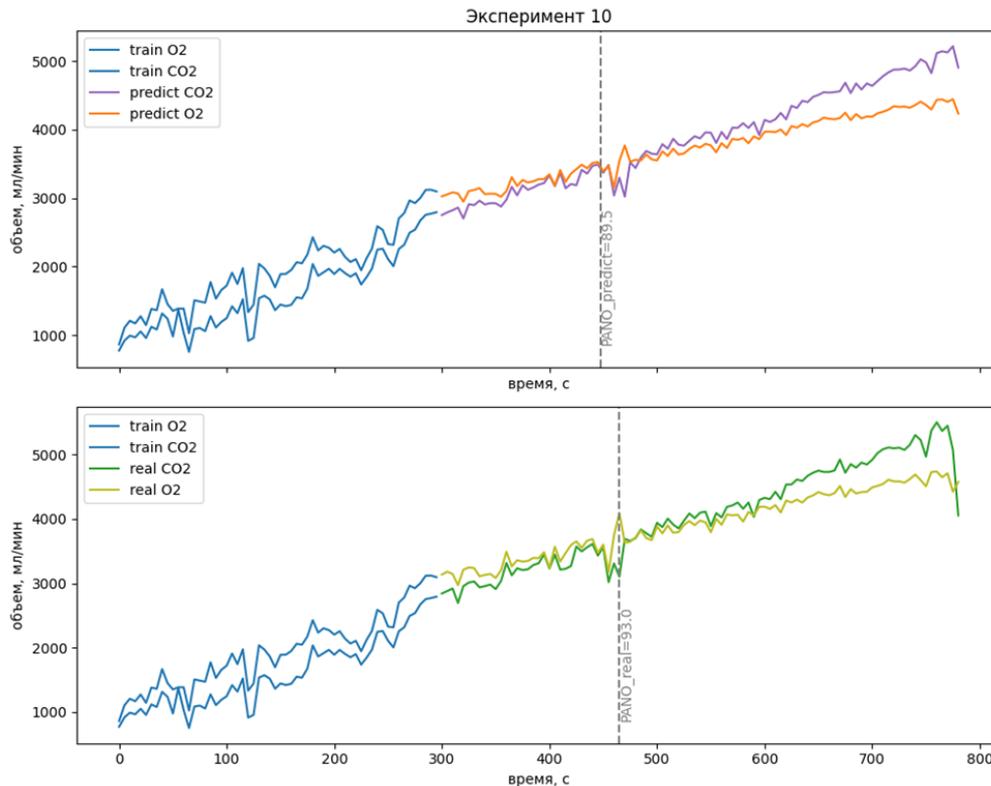


Рис. 6. Модель предсказания ПАНО

Для оценки модели были выбраны средняя абсолютная ошибка MAE (mean absolute error) и среднеквадратичная ошибка RMSE (Root Mean Squared Error). Значение средней абсолютной ошибки составило 24.81, а значение среднеквадратичной ошибки – 35.57.

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На первом этапе исследования были разработаны модели классификации и регрессии на основе данных, включающих информацию о 47 спортсменах. Ошибка регрессионной модели составила 14 %, в то время как точность классификационной модели составила 50 %. Тем не менее, при случайном выборе класса ожидаемый результат составил бы около 33 %, что делает предлагаемую модель значимой для определения ПАНО.

В результате второго этапа исследования была разработана модель линейной регрессии для прогнозирования порога анаэробного обмена у спортсменов на начальных этапах кардиореспираторного нагрузочного тестирования. Ошибки модели составили 24.81 секунды для MAE и 35.57 секунды для RMSE.

Полученные результаты модели могут быть оценены как удовлетворительные, так как соответствуют экспертным стандартам. Эти модель позволяют проводить упрощенный вариант КАРЕН-теста для спортсменов, требующий значительно меньшей

физической нагрузки по сравнению с полным тестом за счет сокращения длительности и интенсивности нагрузки. Стоит отметить, что респираторная модель показала более высокую точность, а также более удобный способ прогнозирования ПАНО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Рейхсфельд В.О., Еркова Л.Н. Оборудование производств основного органического синтеза и синтетического каучука. Киев: Наукова думка, 1984. 346 с.
- [2] Paul Older, Anaerobic threshold, is it a magic number to determine fitness for surgery? [электронный ресурс]: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3964343/>
- [3] Davy Laroche, Morgane Mangin, Delphine Besson, Alexandre Naaim, Anaïs Gouteron, Jean-Marie Casillas, Number of raised steps: A tool to assess brief and intense effort involving anaerobic metabolism [электронный ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877065718300137#bib0150>
- [4] Alexander Chikov, Nikolay Egorov, Dmitry Medvedev, Svetlana Chikova, Evgeniy Pavlov, Pavel Drobintsev, Alexander Krasichkov, Dmitry Kaplun, Determination of the athletes' anaerobic threshold using machine learning methods [электронный ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1746809421010119>
- [5] Box George E. P., Reinsel Gregory C., Jenkins Gwilym M. (2008). Time Series Analysis: Forecasting and Control (4th ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley.
- [6] Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессия. М.: Финансы и статистика, 1981. 302 с.

# Разработка информационной системы Центра трансфера технологий университета

К. А. Сулейманова

Факультет компьютерных технологий и информатики  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

miss.kris06@yandex.ru

**Аннотация.** Цель статьи - создание информационной системы для Центра трансфера технологий университета, улучшение работы с информацией и коммерциализация научных разработок. В данной статье мы рассмотрим организационную структуру ЦТТ и необходимость создания ИС из-за неэффективности текущих методов хранения информации. Разработка системы включает определение функционала, создание концептуальной модели данных и логической структуры базы данных, прототип интерфейса и реализацию базы данных.

**Ключевые слова:** база данных, информационная система, модель, модуль, сущность, атрибуты, связи

## I. ВВЕДЕНИЕ

Центр трансфера технологий – подразделение университета, основной целью которого является ускорение процесса перехода технических решений из научной сферы в практическую, которые могут быть коммерчески выгодными и успешными.

ЦТТ университета представляет собой структуру, включающую:

1. ЦИС (центр интеллектуальной собственности): охрана и коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности.

2. ЦМ (центр маркетинга): разработка и применение маркетинговых стратегий для продвижения продуктов на рынок.

3. ЦИП (центр индустриального партнерства): организация сотрудничества университета с промышленными предприятиями на межрегиональном и международном уровнях.

4. ОСП (отдел организации и сопровождения проектов): управление проектами, разработка бизнес-планов и поиск партнеров для совместных инициатив.

5. Технопарк СПбГЭТУ «ЛЭТИ»: объединение профильных предприятий для коммерциализации вузовских разработок.



Рис. 1. Организационная структура ЦТТ

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Ранее вся информация в ЦТТ хранилась на бумаге, в документах MS Word и MS Excel, что имело большое количество существенных недостатков, как при сохранении, так и при использовании информации.

Информационная система (ИС) центра трансфера технологий (ЦТТ) будет использоваться для учета накапливаемой информации в процессе деятельности ЦТТ.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Разработка функциональных требований к ИС
2. Разработка концептуальной модели данных
3. Разработка логической структуры БД ИС
4. Прототипирование интерфейса пользователей
5. Реализация базы данных в СУБД PostgreSQL-моделирование процесса.

## III. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ

В ИС ЦТТ хранится информация о партнерах, соглашениях, взаимодействиях, РИД, технологических предложениях, разработках, экспертах и технологических запросах.

Разработана общая функциональная модель с модулями: «Потенциал университета», «Партнерство университета», «Внешняя среда университета» и «Справочники».

Каждый из этих модулей отражает специфические комплексы информации, используемые в деятельности ЦТТ, такие как установление партнерских взаимовыгодных отношений, в результате которых заключаются различные типы соглашений и осуществляются взаимодействия, также продвижение различных технологических предложений и разработок на рынок, правовая охрана результатов интеллектуальной деятельности, проведение экспертиз научно-технологических проектов, обработка технологических запросов от индустрии.

Каждый пользователь имеет доступ только к необходимому функционалу в рамках своей роли.

Сотрудники ЦИП, ЦИС, ЦМ имеют определенные права доступа и возможности работы с информацией.

Администратор контролирует и координирует работу справочников.

Гости могут ознакомиться с предложениями и услугами ЦТТ.

Сотрудники ЦТТ могут получить доступ к информации о различных аспектах деятельности организации.

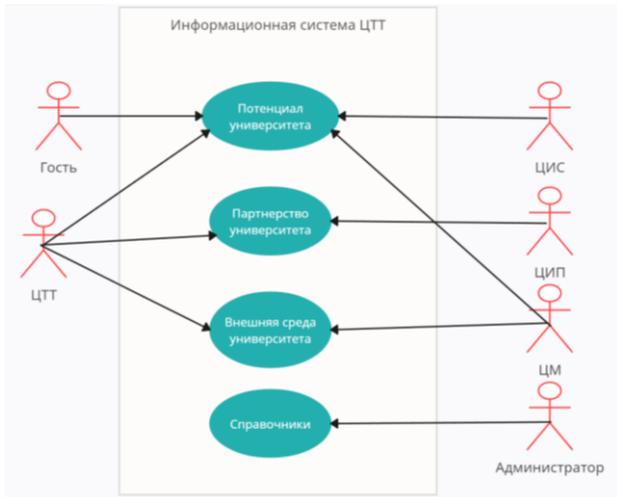


Рис. 2. Общая функциональная модель ИС

Разработка функциональных требований для модуля «Потенциал университета» включает хранение информации о разработках, технологических предложениях и РИД. Пользователи могут ознакомиться с услугами и потенциалом университета, вносить и корректировать информацию в системе. Требования включают хранение данных о названии, описании, контактной информации, уровне готовности, области техники, патентах, датах, авторах и статусе. Поиск осуществляется по различным критериям, таким как название, область техники, подразделение и т. д.

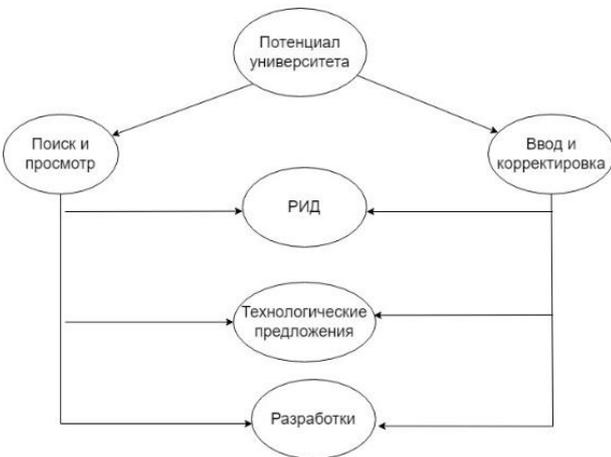


Рис. 3. Детализация варианта использования «Потенциал университета»

Модуль «Партнерство университета» содержит информацию о сотрудничестве с партнерами, включая заключение соглашений и различные виды взаимодействий. Требования к модулю включают возможность участия нескольких партнеров и подразделений в одном соглашении, процедуры ввода и изменения данных соглашения, а также операции по вводу и обновлению данных о взаимодействиях и партнерах. Поиск в модуле может осуществляться по

различным параметрам, таким как тип, год, статус, тема взаимодействия, шифр договора и другим.

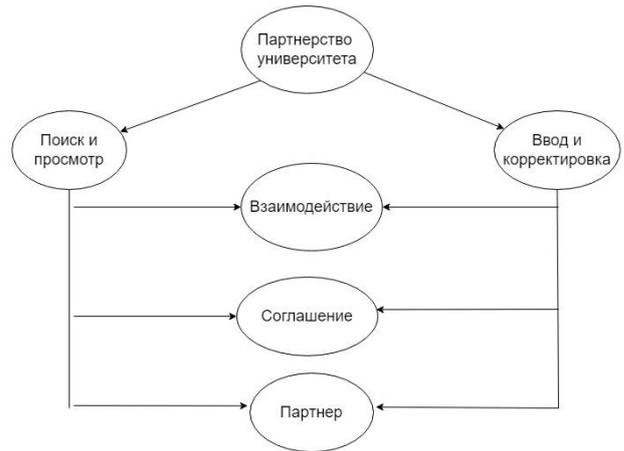


Рис. 4. Детализация варианта использования «Партнерство университета»

Модуль «Внешняя среда университета» предназначен для управления базой данных технологических запросов от промышленных партнеров и базой данных экспертов. Требования к модулю включают ввод и изменение данных экспертов и технологических запросов, поиск информации об экспертах и запросах по различным критериям, таким как ФИО, место работы, название запроса и год получения.

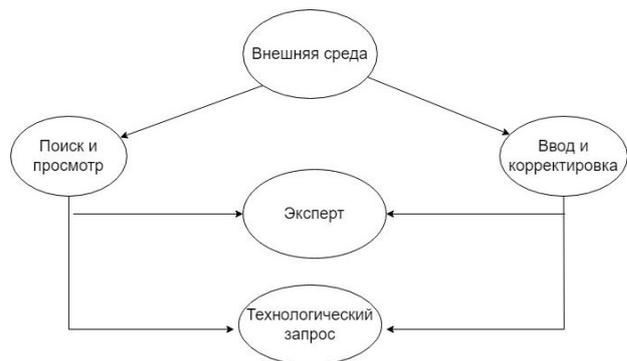


Рис. 5. Детализация варианта использования «Внешняя среда университета»

Каждый из модулей должен обеспечивать ввод и корректировку, а также поиск и просмотр информации.

#### IV. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДАННЫХ

Следующим этапом была разработана для каждого модуля концептуальная модель данных.

В модуле «Потенциал университета» выделены базовые сущности: РИД, разработки, технологические предложения.

Составлена концептуальная модель данных в виде диаграммы классов, отражающая сущности, их связи и атрибуты.

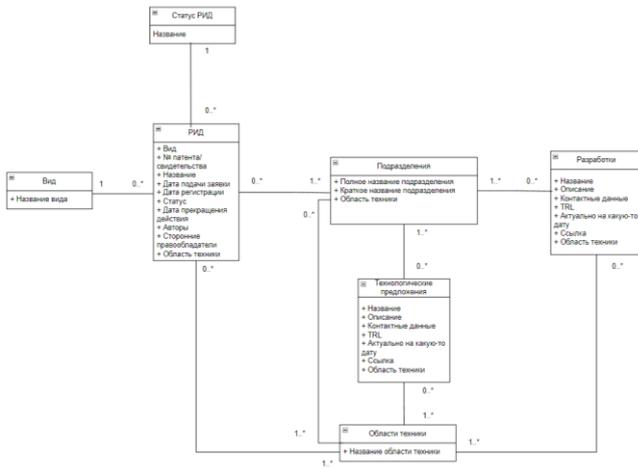


Рис. 6. Детализация концептуальной модели данных «Потенциал университета»

РИД, разработки и технологические предложения связаны с подразделениями для лучшего поиска информации в системе.

Для осуществления быстрого поиска необходимой информации по системе выделены справочники: вид РИД, статус РИД и области техники

В модуле «Внешняя среда университета» выделены базовые сущности: эксперт, технологический запрос, которые также связаны со справочником области техники.

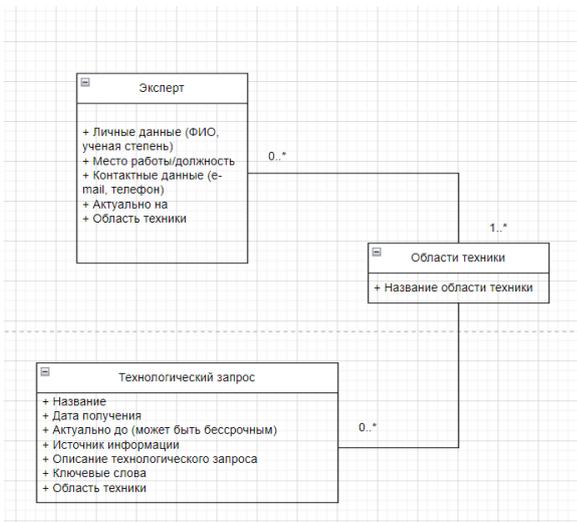


Рис. 7. Детализация концептуальной модели данных «Внешняя среда университета»

Аналогичным образом были выделены базовые сущности и в модуле «Партнерство университета»: соглашения, партнеры и взаимодействия.

В одном соглашении могут участвовать сразу несколько партнеров, а во взаимодействии только один партнер.

Для облегчения поиска и доступа к нужным данным выделены справочники: тип соглашения, статус соглашения, тип партнера, тип взаимодействия, области техники и подразделения.

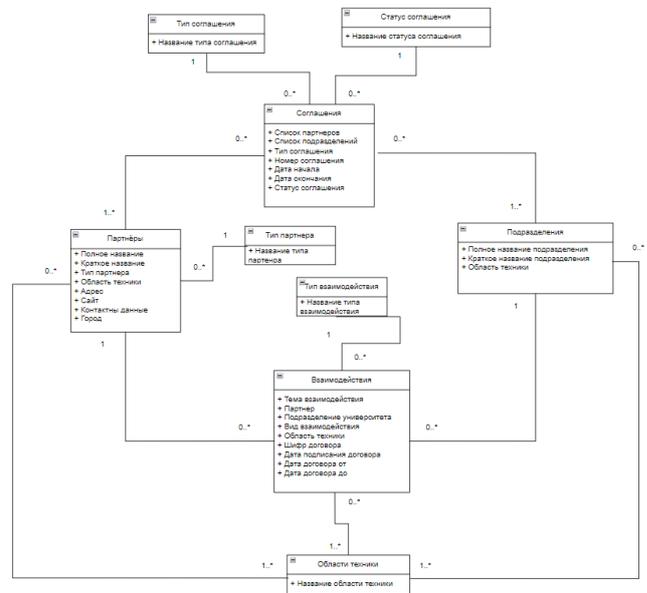


Рис. 8. Детализация концептуальной модели данных «Партнерство университета»

## V. РАЗРАБОТКА ЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ БД

В соответствии с полученной концептуальной моделью данных следующим этапом была разработана логическая структура базы данных.

Логическая структура «Потенциал университета» представляет собой систематизированную структуру, с помощью которой формируется в дальнейшем интерфейс данного модуля. В данной структуре выделены основные таблицы, как и в концептуальной модели: РИД, разработки и технологические предложения

В логической структуре базы данных «Потенциал университета» определены первичные и внешние ключи, осуществлена реализация связи многие ко многим с помощью промежуточной таблицы.

Логическая структура «Партнёрство университета» представляет собой модуль для фиксации информации о взаимовыгодных партнерских отношениях. В связи с этим в данной структуре выделены основные таблицы, как и в концептуальной модели: соглашения, партнеры, взаимодействия для хранения информации о сотрудничестве.

Логическая структура «Внешняя среда университета» представляет собой модуль для фиксации информации о технологических запросах и экспертах. В связи с этим в данной структуре выделены основные таблицы, как и в концептуальной модели: эксперт, технологический запрос.

## VI. ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Следующая задача – прототипирование интерфейса.

Была разработана общая панель, которая находится в левой части, для перемещения между модулями.

Для каждого модуля разработан интерфейс для поиска данных и ввода/редактирования/просмотра данных.

На рисунке представлен прототип интерфейса для просмотра и поиска информации модуля «Партнерство университета». В верхней части представлены поисковые параметры, такие как краткое название, тип партнера, области техники. Выбирая определенного партнера, выводится информация о соглашениях и взаимодействиях.

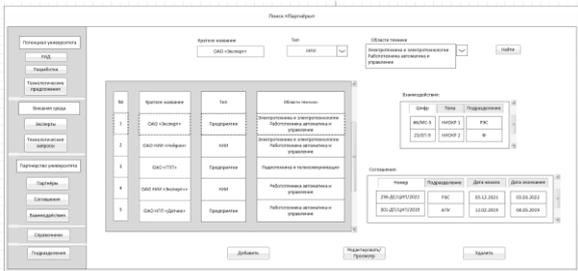


Рис. 9. Просмотр списка партнёров

В основной части расположены поля для ввода/просмотра/редактирования данных. Тип, области техники выбираются из справочников. Полное название, краткое название, контактные данные, адрес, город, сайт вводятся вручную. Город также можно выбрать из списка. Внизу расположены кнопки «Сохранить» и «Отмена».

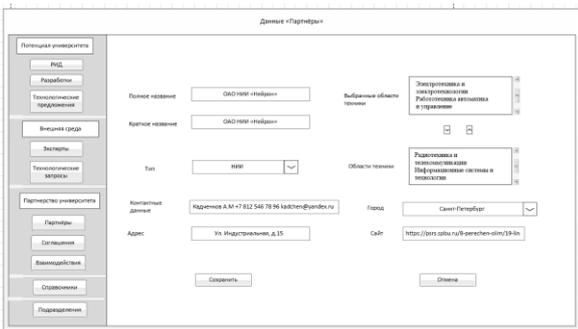


Рис. 10. Просмотр, ввод, редактирование данных партнёра

Остальной интерфейс создан по тому же принципу.

Поиск РИД осуществляется по № патента/свидетельства, виду РИД/областям техники/подразделениям/году регистрации.

Год вводится вручную. Вид, области техники и подразделения выбираются из списка, можно выбрать несколько областей техники и подразделений. В середине отображается список РИД и найденный РИД по поисковому запросу. Внизу имеются кнопки «Добавить», «Редактировать/Просмотр», «Удалить». Чтобы применить данные кнопки, необходимо выделить нужный РИД и нажать их.

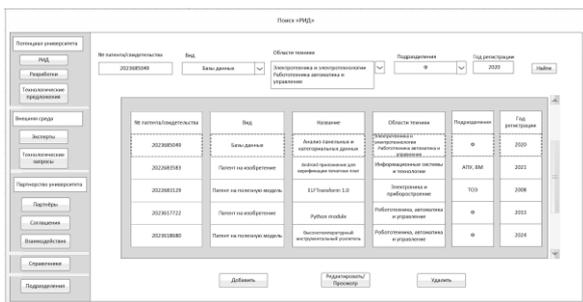


Рис. 11. Просмотр списка РИД

Поиск эксперта осуществляется по ФИО/ месту работы/областям техники. В середине отображается список экспертов и эксперт, найденный по поисковому запросу. Внизу имеются кнопки «Добавить», «Редактировать/Просмотр», «Удалить». Чтобы применить данные кнопки, необходимо выделить эксперта и нажать на них.

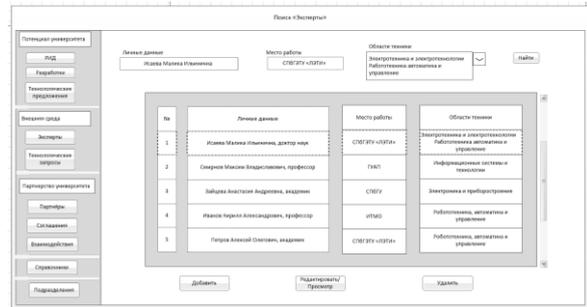


Рис. 12. Просмотр списка экспертов

По итогам проделанной работы были выявлены и разработаны функциональные требования, модели данных, создан прототип интерфейса и база данных для информационной системы Центра трансфера технологий (ЦТТ) СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

## VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, все поставленные задачи выполнены и разработана информационная система, обеспечивающая доступ к информации в соответствии с ролями пользователей, что позволяет удобно хранить и управлять данными, используемые в деятельности ЦТТ.

Внедрение данного проекта в ЦТТ позволит структурировать информацию в единой системе. Кроме того, хранение информации в электронном виде уменьшит использования бумаги, что способствует экологическому улучшению. Проект направлен на то, чтобы создать единую систему, в которой будет храниться вся необходимая информация для работы. Кроме того, в ИС для каждой категории пользователей есть свои права, и доступ разрешен только к определенной информации. ИС ЦТТ позволит сотрудникам работать удаленно без привязки к определенному месту, где раньше хранилась информация в бумажном виде. ИС предоставляет возможность осуществлять одновременную работу пользователей с одними и теми же данными. ИС позволит снизить затраты на хранение и обработку документов, поскольку все теперь будет храниться в электронном виде в единой системе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Новиков Б., Горшкова Е., Графеева Н. Основы технологий баз данных: уч. пособие. 2 изд. М.: ДМК Пресс, 2020. 582 с.
- [2] PostgreSQL. Основы языка SQL: учеб. пособие / Е.П. Моргун, под ред. Е.В. Рогова, П.В. Лузанова. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. 336 с.: ил.
- [3] Рочев К.В. Информационные технологии. Анализ и проектирование информационных систем. 3 изд. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 128 с.
- [4] Советов Б.Я., Водях А.И., Дубенецкий В.А., Цехановский В.В. Архитектура информационных систем. М.: Академия, 2012. 288 с.
- [5] Шелухин О.И., Теняшев А.М., Осин А.В. Моделирование информационных систем. М.: Радиотехника, 2005. 368 с.

# Разработка программно-аппаратного комплекса для тестирования ПЛК различных производителей

А. Э. Шишкин

Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

alexandr.shishkin.02@mail.ru

А. Е. Джусупов

Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

adil20031804@gmail.com

**Аннотация.** Уровень автоматизации на предприятиях любого вида растёт. Производители программируемых логических контроллеров (ПЛК) стремятся внедрять новые инновации в свой продукт, выпуская всё более совершенные экземпляры. Необходимо гарантировать работоспособность системы автоматизации, в частности корректное выполнение задач, выполняемых ПЛК. С увеличением сложности необходим всё больший набор тестов, который охватит все возможности современных ПЛК и даст понять, что система находится в рабочем состоянии. Данное исследование проводится с целью решить вопрос тестирования ПЛК различных производителей.

**Ключевые слова:** программируемый логический контроллер (ПЛК); АСУ ТП; тестирование ПЛК

## I. ВВЕДЕНИЕ

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) широко используются в различных отраслях промышленности для управления технологическими процессами. Для обеспечения надежной и безотказной работы этих систем необходимо проводить их тщательное тестирование. Одним из важных аспектов тестирования ПЛК является проверка точности аналоговых и дискретных входов и выходов, времени и частоты. Для этого необходимо разработать программы, которые будут генерировать тестовые сигналы для отправления и считывать их значения с тестируемого ПЛК. Другим важным аспектом функционирования АСУ ТП является выполнение вычислительных задач, которые обрабатываются ПЛК. Для этого необходимо разработать программы, тестирующие вычислительную мощность ПЛК.

## II. ТЕСТИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПЛК

### A. Алгоритмы для тестирования ПЛК

Для тестирования необходимы алгоритмы, которые задействуют достаточно ресурсов доступных ПЛК, используя его возможности, не выходя за их пределы. Для таких целей подойдут следующие алгоритмы:

- Быстрое преобразование Фурье – алгоритм, повсеместно использующийся при обработке сигналов.
- Нахождение числа  $\pi$  методом Монте-Карло – алгоритм, для реализации которого необходима генерация случайных чисел, которая станет частью конечной библиотеки для тестирования ПЛК.

- Матричные преобразования – алгоритмы, позволяющие совершать сложные операции над матрицами вызовом соответствующих функций. Операции с матрицами могут быть актуальны для решения множества прикладных задач.
- Сжатие Шеннона-Фано – алгоритм кодирования информации, позволяющий однозначно раскодировать данные.
- Шифрование RSA – криптографический алгоритм с открытым ключом.

В первую очередь подбор алгоритмов обусловлен тем, что реализация этого набора функций позволяет написать практически все программы, необходимые для автоматизации автоматизированных систем управления техническим процессом (АСУ ТП).

Кроме того, ресурсы ПЛК, необходимые для выполнения представленного списка алгоритмов, легко регулируются. Сложность выполнения варьируется от количества входных данных. Это позволяет запускать тестирование на ПЛК, имеющих различные характеристики, что увеличивает диапазон применимости библиотеки для тестирования.

В ходе реализации алгоритмов, необходимых для разработки библиотеки, установлено, что необходимо отслеживать время выполнения и сравнивать его с желаемым значением. В случае если время выполнения больше максимального, программа сигнализирует о неуспешном прохождении тестирования. Запуск алгоритмов будет производиться в специализированной функции проверки.

Для наглядности проведен анализ сложности выполняемых алгоритмов и построение соответствующих графиков.

Сложности  $O(N)$  соответствуют алгоритмы:

- Нахождение числа  $\pi$  методом Монте-Карло

Сложность алгоритма нахождения числа  $\pi$  методом Монте-Карло  $O(N)$ , так как на каждой итерации цикла генерируется случайное число, проверяется входит ли сгенерированная точка внутрь предполагаемой единичной окружности. Вложенных циклов нет.

Сложности  $O(N * \log(N))$  соответствуют:

- Быстрое преобразование Фурье
- Сжатие Шеннона-Фано

Сложность алгоритма шифрования RSA в данной реализации оценивается как  $O(N^2)$ , так как шифрование происходит для нескольких вариантов ключей. Для нахождения простого числа, которое будет использоваться в качестве ключа выполняется алгоритм сложности  $O(N)$ .

Сложность умножения матриц в полученной реализации будет определяться как  $O(N^4)$ , так как пользователь задаёт количество итераций умножения  $N$ , само умножение двумерных матриц имеет сложность  $O(N^3)$ .



Рис. 1. Иллюстрация алгоритма функции проверки времени выполнения

### В. Результаты проведения эксперимента

В качестве опытного образца для тестирования был выбран ПЛК отечественного производителя ОВЕН ПЛК210. Результаты тестирования оформлены соответствующие таблицы.

ТАБЛИЦА I. ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

Длина последовательности	Время выполнения (мс)
512	6
1024	13
2048	27

ТАБЛИЦА II. ВРЕМЯ НАХОЖДЕНИЯ ЧИСЛА  $\pi$  МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Длина последовательности	Время выполнения (мс)
1000	1
100000	67
10000000	6951

ТАБЛИЦА III. ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УМНОЖЕНИЯ МАТРИЦ

Длина последовательности	Время выполнения (мс)
10	479
50	2393
75	3575

ТАБЛИЦА IV. ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ АЛГОРИТМА СЖАТИЕ ШЕННОНА-ФАНО

Длина последовательности	Время выполнения (мс)
512	491
1024	2021
2048	8020

ТАБЛИЦА V. ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ШИФРОВАНИЯ RSA

Длина последовательности	Время выполнения (мс)
50	41
100	449
150	1637

Задача установления производительности ПЛК решается библиотекой, это крайне удобно для разработчиков и инженеров предприятия.

В результате проведения эксперимента установлены возможности конкретного ПЛК.

### III. ТЕСТИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ АНАЛОГОВЫХ И ДИСКРЕТНЫХ ВХОДОВ И ВЫХОДОВ ПЛК

#### А. Метод для тестирования работоспособности ПЛК

Основные задачи программ для тестирования аналоговых и дискретных входов и выходов ПЛК включают в себя:

- Проверка аналоговых входов и выходов: Это включает в себя проверку точности измерений, диапазонов работы и калибровки.
- Тестирование дискретных входов и выходов: Проверка корректности срабатывания дискретных сигналов.
- Оценка времени отклика: Измерение времени между подачей сигнала на вход и соответствующим ответным действием контроллера.
- Измерение частоты работы: Проверка частоты работы контроллера и его подсистем.

При выборе методики тестирования ПЛК важно учитывать как преимущества, так и недостатки каждого подхода, а также специфику и требования конкретного проекта. Аппаратные симуляторы обеспечивают высокую точность и реалистичность тестирования, что является критически важным для выявления и устранения потенциальных проблем, которые могут возникнуть в реальных условиях эксплуатации. Программные симуляторы, несмотря на свою гибкость и экономичность, не всегда могут точно воспроизводить поведение системы в реальных условиях. На основании проведенного анализа методик, можно сделать вывод, что для обеспечения высокой надежности и точности тестирования ПЛК будет лучше использовать метод аппаратного тестирования. Основными причинами выбора данного метода являются точность, надежность результатов и широкий спектр тестирования нагрузки и тестов времени отклика.

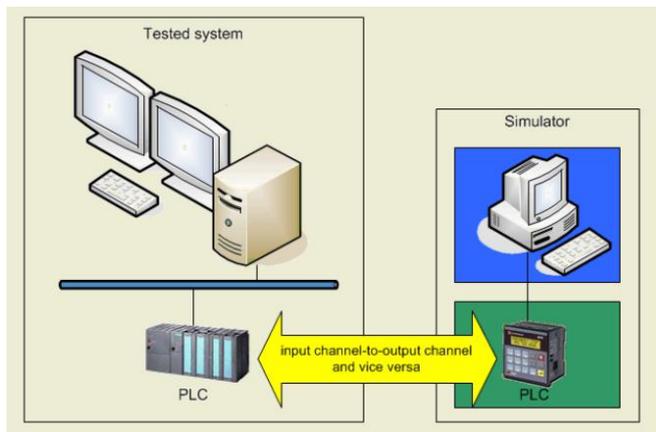


Рис. 2. Пример реализации метода аппаратного симулятора

### В. Реализация метода

Для реализации данного метода с использованием ПЛК Siemens была разработана унифицированная библиотека для тестирования производительности ПЛК.

Проверить корректность работы входов и выходов тестируемого ПЛК путем обмена сигналами с ведущим ПЛК.

Алгоритм:

#### 1. Подготовка:

- Соединить ПЛК кабелем и соответствующими разъемами.
- Настроить каналы связи (аналоговые и дискретные) в соответствии с типами сигналов.
- Определить диапазоны значений для аналоговых сигналов и логические состояния для дискретных сигналов.

#### 2. Тестирование аналоговых сигналов:

Отправка значений:

- Задать диапазон значений для тестирования.
- Поочередно отправлять значения из диапазона на аналоговый вход ПЛК Овен.

Прием значений:

- При каждом отправленном значении считывать значение с аналогового выхода ПЛК Овен.

Сравнение и обработка ошибок:

- Сравнить полученное значение с отправленным.
- Если разница между значениями превышает допустимую погрешность, фиксировать ошибку.

#### 3. Тестирование дискретных сигналов:

Отправка сигналов:

- Поочередно отправлять логические состояния (TRUE/FALSE) на дискретные входы ПЛК Овен.

Прием сигналов:

- При каждом отправленном сигнале считывать состояние с дискретного выхода ПЛК Овен.

Сравнение и обработка ошибок:

- Сравнить полученное состояние с отправленным.
- Если полученное состояние не совпадает с отправленным, фиксировать ошибку.
- Визуализировать результаты тестирования (например, на индикаторах ПЛК или в виде лог-файла).

#### 4. Повторение:

- Повторить этапы 2 и 3 для разных диапазонов значений (для аналоговых) и различных комбинаций логических состояний (для дискретных).
- Анализировать результаты тестирования, выявлять закономерности и ошибки в работе тестируемого ПЛК.

ТАБЛИЦА VI. АНАЛОГОВЫЕ ВХОДЫ И ВЫХОДЫ

Отправленный сигнал (В)	Принятый сигнал (В)	Отклонение (В)	Результат теста
1.0	1.01	0.01	успешно
3.0	2.97	-0.03	Успешно
7.0	7.10	0.10	Ошибка

ТАБЛИЦА VII. ДИСКРЕТНЫЕ ВХОДЫ И ВЫХОДЫ

Время (мс)	Сигнал отправлен	Сигнал получен	Сигнал возвращен	Сигнал принят	Ошибка
10	0	0	0	0	Нет
20	1	1	1	0	Да
40	1	1	1	1	Нет

## IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При эксплуатации ПЛК различных производителей необходимо быть уверенным в том, что устройства работают корректно. Растущая сложность разрабатываемых экземпляров позволяет выполнять более сложные алгоритмы. Важно учитывать это и тестировать возможности ПЛК.

Соответственно, стандартизированная библиотека является лучшим решением, ведь во время активного использования библиотека нуждается в доработке. Для этого достаточно выпустить новую версию библиотеки.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Хотелось бы выразить благодарность нашему научному руководителю Гульванскому Вячеславу Викторовичу за помощь в разработке и изучении темы тестирования ПЛК различных производителей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Белов А.С. Разработка и тестирование функционального блока ПИД-регулятора ПЛК ACE3600 Motorola. Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2019. № 20 (258). С. 28-34. [Электронный ресурс]. — URL: <https://moluch.ru/archive/258/59089/> (дата обращения: 09.05.2024).
- [2] Anthony K. Ho. Structured Text Programming, 2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://pdhonline.com/courses/e334/e334content.pdf> (дата обращения 10.05.2024)
- [3] Темичев А.А., Файзрахманов Р.А. Подбор параметров нагрузочного тестирования систем мониторинга с использованием нечеткой логики // Инженерный вестник Дона: научный журнал. 2015. №5 [Электронный ресурс]. URL:

[http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_72\\_temichev.pdf\\_ff1354d6d4.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_72_temichev.pdf_ff1354d6d4.pdf) (дата обращения: 10.05.2024)

- [4] ГОСТ Р 56920-2016/ISO/IEC/IEEE, Системная и программная инженерия. Тестирование программного обеспечения. Часть 1. Понятия и определения, 29119-1:2013
- [5] Бевзенко С.А. Исследование эффектов нагрузочного тестирования на производительность и надежность системы // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2023. 9(114). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16001> (дата обращения: 10.05.2024).
- [6] Максимычев О.И. Программирование логических контроллеров (PLC): учеб. пособие / О.И. Максимычев, А.В. Либенко, В.А. Виноградов. М.: МАДИ, 2016. 188 с.
- [7] Бракоренко А.С. Тестирование и обеспечение качества программно-технических комплексов на основе использования виртуальных технологических объектов // Приборы и методы измерений: научно-технический журнал. 2014. № 2 (9). С. 75-80.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Подход к классификации факторов небаланса газа в газотранспортной сети на основе матрицы критичности</i>	
А. К. Петрова, С. Е. Абрамкин (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	3
<i>Применение модели генеративного предобученного трансформера к задаче анализа технической документации</i>	
Л. А. Куценок, Ю. А. Кораблев (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	8
<i>Нейросетевые методы обработки изображений в компьютерной графике</i>	
В. Л. Литвинов, Н. Б. Гарифуллин (СПбГУТ)	13
<i>Автоматизация системы мониторинга уличного движения с применением компьютерного зрения</i>	
А. А. Артамонов, Д. Ш. Дашкин, Е. А. Пекло (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	16
<i>Разработка программного модуля горячего резервирования для средства разработки программ ПЛК Veremiz</i>	
И. Д. Балакирев, М. С. Панасевич (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	20
<i>Чат-ботизация экспресс-проверки знаний студентов в мессенджере Telegram</i>	
В. А. Гевондян, Н. О. Шошков, А. М. Новосельцев (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	24
<i>Применение веб-приложения для управления задачами в оптимизации рабочих процессов</i>	
Д. А. Голубев, А. М. Новосельцев, В. А. Гевондян (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	27
<i>Автоматизация распознавания дорожных знаков с применением алгоритмов, основанных на искусственных нейронных сетях</i>	
Д. Ш. Дашкин, А. А. Артамонов, Е. А. Пекло (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	29
<i>Роботизированная система обработки лопаток колёс гидромашин</i>	
Е. И. Елисеев, И. В. Ильин, А. Дмитриев, И. Мазуро, П. Ребдев, Д. Симоненко (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	33
<i>Проектирование информационной системы для инвалидов, пенсионеров и маломобильных граждан<sup>35</sup></i>	
А. Ю. Жук, Д. С. Плесовских, И. Ю. Карпий (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	35
<i>Моделирование кинетики опухолевого роста при химиотерапевтическом лечении</i>	
С. К. Иванов (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	39
<i>Оптимизация затрат труда с применением технических методов оценки задач и сотрудников</i>	
И. Ю. Карпий, Д. С. Плесовских (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	43
<i>Разработка системы анализа качества воды на основе алгоритмов машинного обучения</i>	
А. А. Куварин (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	46
<i>Разработка модуля выявления сетевых атак на основе сверточных нейронных сетей</i>	
Е. О. Кузнецова (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	50
<i>Разработка ИИ-ориентированной системы сопровождения для веб-сайтов</i>	
А. М. Новосельцев, Н. О. Шошков, В. А. Гевондян (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	54
<i>Проектирование программного решения для оптимизации процесса найма сотрудников</i>	
Е. А. Пекло, А. А. Артамонов, И. Ю. Карпий (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	58
<i>Реализация программного обеспечения по автоматизации работы с клиентами онлайн-школ</i>	
Д. С. Плесовских, И. Ю. Карпий (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	62
<i>Использование открытых архитектур для создания ПЛК при помощи стандарта IEC 61499</i>	
К. С. Пушков, Ф. Д. Бысов (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	65
<i>Разработка и сравнение моделей определения порога анаэробного обмена на основе биохимического анализа при выполнении нагрузочного тестирования</i>	
А. Р. Стаськова (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)	68

<i>Разработка информационной системы Центра трансфера технологий университета</i> К. А. Сулейманова (СПбГЭТУ «ЛЭТИ») .....	72
<i>Разработка программно-аппаратного комплекса для тестирования ПЛК различных производителей</i> А. Э. Шишкин, А. Е. Джусупов (СПбГЭТУ «ЛЭТИ») .....	76

Молодежная школа-семинар по проблемам управления  
в технических системах имени А. А. Вавилова

28 мая 2024

Санкт-Петербург

---

Печ. л. 10,125

**WWW.VAVILOVSCHOOL.ETU.RU**

Кафедра автоматки и процессов управления  
197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д.5, лат. Ф, корп.1, пом. 1204  
+7 812 234-37-98 Shestopalov\_08@mail.ru

